

Hunting Wireless Video Signals

Lokalisierungs-, Aufzeichnungs- und Analysesystem zur Detektion von drahtlosen Videoverbindungen

Bachelorarbeit

Frühjahrssemester 2011

Abteilung Informatik

Autoren:	Florian Hungerbühler <fhungerb@hsr.ch> Raphael Neumann <rneumann@hsr.ch>
Betreuer:	Prof. Dr. Peter Heinzmann <pheinzma@hsr.ch>
Themengebiet:	Internet-Technologien und -Anwendungen
Projektpartner:	cnlab AG, Rapperswil & SRF, Zürich
Experte:	Dr. Thomas Siegenthaler, CSI Consulting, Zürich
Gegenleser:	Prof. Dr. Andreas Steffen <asteffen@hsr.ch>
Arbeitsdauer:	21.02.2011 - 17.06.2011

Abstract

Medienberichte zur einfachen Abhörmöglichkeit von ungeschützten Funkkameras führten zu grosser Entrüstung bei Datenschützern. Der in dieser Arbeit mit .NET-Technologien realisierte „Wireless Video Signal Hunter“ ermöglicht die Detektion, Lokalisierung und Analyse von drahtlosen Videoverbindungen, welche im 2.4 GHz-Band analog übertragen werden. Die Ergebnisse von Erfassungsfahrten werden auf einer Karte eingezeichnet und können zusätzlich kommentiert werden. Das System umfasst einen 4-Kanal-Videoempfänger mit externer Antenne und ein GPS-Gerät, welche über USB resp. Bluetooth mit einem Notebook verbunden sind.

Für die automatische Auswertung der empfangenen Bilder war die Entwicklung eines Bilderkennungs-Algorithmus nötig. Dafür wurde ein umfangreiches Set an Testbildern gesammelt, welche aus Videosequenzen von Testfahrten stammten. Die durch eine Analyse dieser Bilder gewonnenen Daten wurden anschliessend mit der Data Mining-Software Weka auf mögliche Erkennungsmuster untersucht. Der schliesslich realisierte Algorithmus erreicht eine Klassifizierungsgenauigkeit von über 98%.

Testfahrten zeigten, dass die Detektion von Funkkameras mit dem „Wireless Video Signal Hunter“ zuverlässig funktioniert. Im Raum Rapperswil konnten 12 Video-Funksysteme gefunden werden, was auf eine weitere Verbreitung von drahtlosen Videoübertragungen schliessen lässt als zu Beginn angenommen wurde. Das System wurde hauptsächlich für den Kassensturz (SRF) entwickelt, womit die Problematik von unverschlüsselten Videoverbindungen aufgezeigt und zur Sensibilisierung der Bevölkerung beigetragen werden soll.

Management Summary

Ausgangslage

„Wardriving", das systematische Suchen von WLANs, war um das Jahr 2002 sehr populär. Inzwischen hat es jedoch an Bedeutung verloren, da mittlerweile bei den meisten WLANs Verschlüsselung eingesetzt wird, um unbefugte Zugriffe zu verhindern. Im selben Frequenzbereich wie die WLANs, im frei zugänglichen 2.4 GHz-Band, werden jedoch auch analoge Video-Funksysteme betrieben, welche nicht gesichert sind. Da für den Betrieb solcher Systeme keine Genehmigung nötig ist, sind diese nirgendwo erfasst und es fehlt an Daten zur Verbreitung solcher Anlagen.

Das Auffinden von solchen drahtlosen Videoverbindungen wird als „Warviewing" bezeichnet und erreichte in den USA erstmals um 2001 grosse Aufmerksamkeit. Im Jahr 2010 berichteten auch deutsche Medien wie NDR und ZDF über die Möglichkeit des Anzapfens von Videoverbindungen wie sie beispielsweise durch Überwachungskameras zu Stande kommen. Diese Resultate führten zu grosser Entrüstung bei Datenschützern sowie den Betreibern solcher Kameras. In der Schweiz wurde dieses Thema noch kaum in den Medien behandelt, weshalb der Kassensturz (SRF) ein grosses Interesse an einem einfach benutzbaren System für die Detektion solcher drahtlosen Videoübertragungen hat. Damit soll die Problematik von unverschlüsselten Videoverbindungen aufgezeigt und zur Sensibilisierung der Bevölkerung beigetragen werden.

Das Ziel dieser Arbeit ist es einen „Wireless Video Signal Hunter" zu entwickeln, welcher auf Testfahrten die angesprochenen Video-Funksysteme aufspürt und deren Position für eine spätere statistische Auswertung auf einer Karte einzeichnet. Das System wird als Prototyp entwickelt. Es soll im empfangenen Signal zwischen echten Videobildern und Rauschbildern unterscheiden können. Zudem soll die Aufzeichnung der Videosignale sowie eine Kategorisierung und Beschreibung ermöglicht werden.

Vorgehen

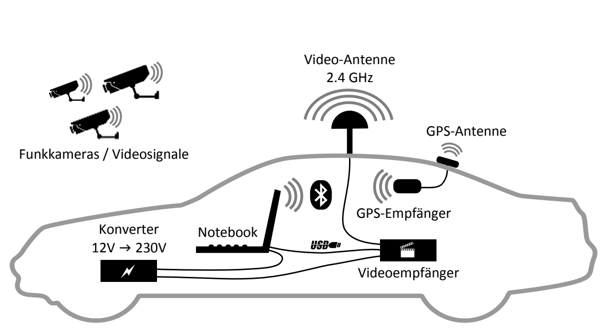
Die Arbeit umfasste drei Hauptphasen:

- *Vorabklärungen und Einarbeitung in Videofunk*
  Die Grundlagen für die Entwicklung des Hunting-Systems wurden in dieser Phase erarbeitet. Dabei wurden die Charakteristiken von drahtlosen Videoverbindungen wie Frequenz-Bänder, Kanäle usw. erarbeitet und entsprechende Videoempfänger für das System evaluiert. Zusätzlich wurden die rechtlichen Aspekte beim Betrieb und Abhören von drahtlosen Videoverbindungen zusammengetragen.
- *Erarbeitung einer Bilderkennungslösung*
  Die automatisierte Unterscheidung zwischen Video- und Rauschbildern ist kritisch für die Konstruktion eines Video-Hunting-Systems. Es wurde ein umfangreiches Set an Testbildern gesammelt, welche aus Videosequenzen von Testfahrten stammten. Die durch eine Analyse dieser Bilder gewonnenen Daten wurden anschliessend mit der Data Mining-Software Weka auf mögliche Erkennungsmuster untersucht. Die daraus erhaltenen Ergebnisse konnten in einen Bilderkennungs-Algorithmus umgesetzt werden.

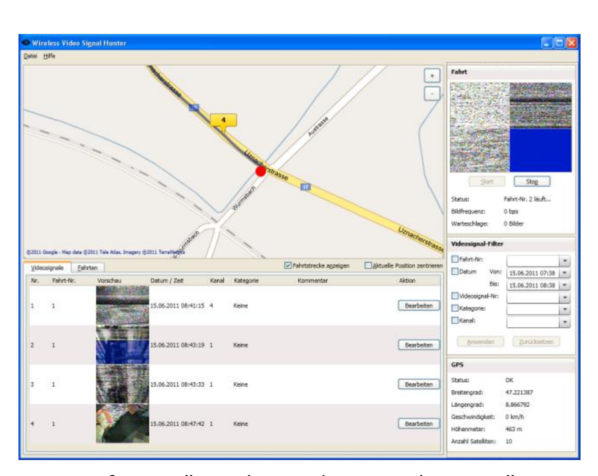
- *Design und Realisierung des Prototyps*
  Für das Aufspüren von drahtlosen Videoverbindungen wurde ein Prototyp entwickelt, welcher eine Software sowie die zuvor evaluierte Hardware umfasst. Dabei wurde auf die Technologien .NET 4.0 und WPF gesetzt. Es wurde der zuvor erarbeitete Bilderkennungs-Algorithmus implementiert und eine funktionale Benutzeroberfläche erstellt.

Ergebnisse

Der realisierte Prototyp „Wireless Video Signal Hunter" ermöglicht die Detektion, Lokalisierung und Analyse von drahtlosen Videoverbindungen. Die Ergebnisse von Testfahrten können auf einer Karte angezeigt und kommentiert werden. Das Kartenmaterial dazu stammt von Google Maps und für die Datenspeicherung wird der Microsoft SQL Server eingesetzt. Der „Wireless Video Signal Hunter" umfasst einen 4-Kanal-Videoempfänger mit externer Antenne und ein GPS-Gerät, welche mit einem Windows XP-Notebook verbunden sind. Windows XP ist aufgrund der Treiberkompatibilität des Videoempfängers nötig.



Aufbau Hunting-System


Software "Wireless Video Signal Hunter"

Der realisierte Bilderkennungs-Algorithmus nutzt das Bildverarbeitungs-Framework AForge.NET und erreicht eine Klassifizierungsgenauigkeit von über 98%, gemessen über ein Set von 7000 Testbildern. Testfahrten zeigen, dass die Detektion von Funkkameras zuverlässig funktioniert. Um Fehldetektionen bei sehr speziellen Rauschsignalen mit seltenen Mustern zu minimieren, wird erst nach Erkennung von mehreren Videobildern in Folge eine Detektion ausgelöst.

Bei Fahrten im Raum Rapperswil konnten 12 drahtlose Videoverbindungen gefunden werden. Dies lässt auf eine weitere Verbreitung von Funkkameras schliessen als zu Beginn der Arbeit angenommen wurde.

Ausblick

Nach Abschluss der Arbeit wird der entwickelte „Wireless Video Signal Hunter“ dem Kassensturz für grossflächige Testfahrten übergeben. Dank der Automatisierung der Video-Funksystem-Erfassung ermöglicht der Prototyp umfangreichere Testfahrten und damit statistisch abgesicherte Aussagen über die Verbreitung von abhörbaren drahtlosen Videoübertragungen.

Der Algorithmus für die Bilderkennung lässt sich durch Berücksichtigung von neuen Bildern bzgl. Klassifizierungsgenauigkeit verbessern. Auch eine Optimierung der Leistungsfähigkeit wäre ein möglicher weiterer Schritt, damit die Software auch auf weniger leistungsfähigen Notebooks eingesetzt werden kann.

Da die Software als Prototyp mit Grundfunktionalitäten entwickelt wurde, sind noch diverse Erweiterungen des Programms im Bereich Funktionalität (z.B. Auswertungen) oder bei der Benutzungsfreundlichkeit denkbar. Durch den Einsatz von weiteren Videoempfängern kann das Hunting-System auch für die Detektion von digitalem oder in anderen Frequenzbändern (z.B. 5.8 GHz-Band) übertragenem Videofunk verwendet werden.

Inhaltsverzeichnis

Aufgabenstellung

Abteilung:	Informatik
Name der Studierenden:	Florian Hungerbühler, Raphael Neumann
Studienjahr:	Frühjahrssemester 2011
Titel der Bachelorarbeit:	Hunting Wireless Video Signals: Lokalisierungs-, Aufzeichnungs- und Analysesystem zur Detektion von drahtlosen Videoverbindungen
Examinator:	Prof. Dr. Peter Heinzmann
Experte:	Dr. Thomas Siegenthaler, CSI Consulting, Zürich
Projektpartner:	cnlab AG, Rapperswil & SRF, Zürich

Der Begriff „Wardriving“ steht für das Herumfahren mit Empfangssystemen, um ungeschützte WLAN-Verbindungen aufzuspüren. Mittlerweile ist bei WLAN nicht mehr die Verschlüsselung, sondern die gegenseitige Störung das Hauptproblem. Im selben Frequenzbereich wie WLAN werden aber andere Informationen, nämlich Videos von drahtlosen Funkkameras, immer noch unverschlüsselt übertragen.

Als „Warviewing“ bezeichnet man das Herumfahren mit Empfangssystemen, um ungeschützte drahtlose Videoverbindungen aufzuspüren. Erste Medienberichte über den Empfang ungeschützter Videoverbindungen (z.B. Überwachungskameras, Videolinks, Babycams) haben in den Medien und vor allem bei Datenschützern zu grosser Entrüstung geführt. Es gibt aber noch keine statistisch aussagekräftigen Daten darüber, wie verbreitet die ungeschützten Video-Funksysteme sind, welche Art Informationen sie zeigen und wie einfach sie aufzuspüren sind.

Ziel dieser Arbeit ist es, einen „Wireless Video Signal Hunter“ zu realisieren, welcher bei Testfahrten Video-Funksysteme aufspürt und deren Position auf einer geografischen Karte anzeigt. Das System soll als Prototyp entwickelt werden und statistisch aussagekräftige Daten zu unverschlüsselten Videoverbindungen liefern. Es soll echte Videobilder von Rauschsignalen unterscheiden können, detektierte Bildsequenzen abspeichern, die Klassierung und Beschreibung der Videolinks ermöglichen, und statistische Auswertungen zu deren Anzahl unterstützen. Bei den Testfahrten sollen auch Informationen über die Situation bei WLAN in Bezug auf die Verschlüsselung und gegenseitige Störung gesammelt werden.

Der „Wireless Video Signal Hunter“ wird in Zusammenarbeit mit dem SRF entwickelt.

Quellen

[1] Tutorial, "Wi-Fi / WLAN channels, frequencies and bandwidths", Wireless technologies- resources and analysis covering wireless technologies including Bluetooth, IEEE 802.11 - Wi-Fi, WiMax, IEEE 802.15.4, Zigbee etc, Radio-Electronics.com, http://www.radio-electronics.com/info/wireless/wi-fi/80211-channels-number-frequencies-bandwidth.php

[2] ARD-Beitrag – nicht mehr verfügbar, http://www3.ndr.de/sendungen/niedersachsen_1930/kameraueberwachung100.html

[3] Beispiele zur Kameraüberwachung, http://www.ndr.de/suche10.html?query=kamera%C3%BCberwachung

[4] Rico Bandle, „Die Kunst, Überwachungskameras anzuzapfen", Tagesanzeiger Online, 05.06.2009, http://www.tagesanzeiger.ch/kultur/kunst/Die-Kunst-berwachungskameras-abzuzapfen/story/11904848

[5] Privater Lauschangriff, 04/2002, http://www.fuhs.de/de/fachartikel/artikel_de/privatlausch.shtml

[6] Kaum jemand denkt an die Möglichkeit belauscht zu werden, 04/2002 by Howard Fuhs, 16.06.07, 22:36, http://www.hackerboard.de/off-topic-zone/30386-meine-funkkamera-abhoeren.html

[7] Video-Funkübertragungs-Set bei Aldi geholt, 19.10.2004, 10:45:41
Ich hab dafür einen handelsüblichen Sat-Receiver (mit 12V-Eingang) benutzt. Neben den ISM-Videokameras auf 2,4 GHz kann man auch prima 2,3 GHz Amateurfunk-TV (ATV) damit gucken.
http://www.fuhs.de/de/fachartikel/artikel_de/privatlausch.shtml

[8] Diverse Beiträge bei http://www.wardriving-forum.de/forum/archive/index.php?t-54258.html

[9] Geräte zum Abhören,
http://www.preisroboter.de/ergebnis16811956.html
http://www.ciao.de/sr/q-funk-kamera+akku 2,4 GHz Mini Funk-Farb-Kamera Set (Conrad)
Dieses Funk-Farb-Kamera Set ist ohne großen Aufwand installierbar. Die Kamera überträgt Bild- und Tonsignale bis zu 100 m per Funk. Die Bilder können auf einem Monitor oder Fernseher mit Video-Eingang betrachtet werden. Der Empfänger kann bis zu 4 Kameras mit 2,4 GHz Funktechnik empfangen. Die Kamera ist fest auf den Kanal 2 eingestellt. Nur für den Innenbereich geeignet. Das Set ist mit optionalen 2,4 GHz Funk-Kamera erweiterbar. Die Übertragung des Video- und Audiosignales erfolgt unverschlüsselt.
Ein professionelleres, bzw. praktischeres Empfangsgerät wäre beispielsweise:

[10] http://www.abhoergeraete.com/index.html

[11] http://www.securitec-electronics.com/product_info.php?info=p48_Mobiler-VIDEO-Receiver-ICR-3.html, Euro 639.-

1. Einleitung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein System gebaut (siehe Abbildung 1), mit welchem die Standorte von Video-Funksignalen automatisch erfasst werden können, welche im 2.4 GHz-Band analog und unverschlüsselt übertragen werden. Primär zielt das System auf die Erfassung von Funkkameras ab. Das System wurde hauptsächlich für den Einsatz im Auto ausgelegt, damit die Stromversorgung sichergestellt ist. Mit einem Akku kann das System jedoch auch zu Fuss genutzt werden. Für die Aufzeichnung der Kamerabilder dient ein Videoempfänger und für die Bestimmung der Kameraposition wird ein GPS-Empfänger benötigt. Eine Erweiterung auf digitale Systeme oder andere Frequenzbänder ist durch den Austausch des Videoempfängers möglich.

Das System unterstützt Benutzer bei Erfassungsfahrten von Funkkameras und der anschliessenden Auswertung. Damit wird ein grossflächiger Einsatz ermöglicht, um statistisch relevante Aussagen zur Verbreitung dieser Systeme zu erhalten. Die genaue System-Spezifikation mit Beschreibung der Funktionalität ist im Kapitel 5 (Software) zu finden.

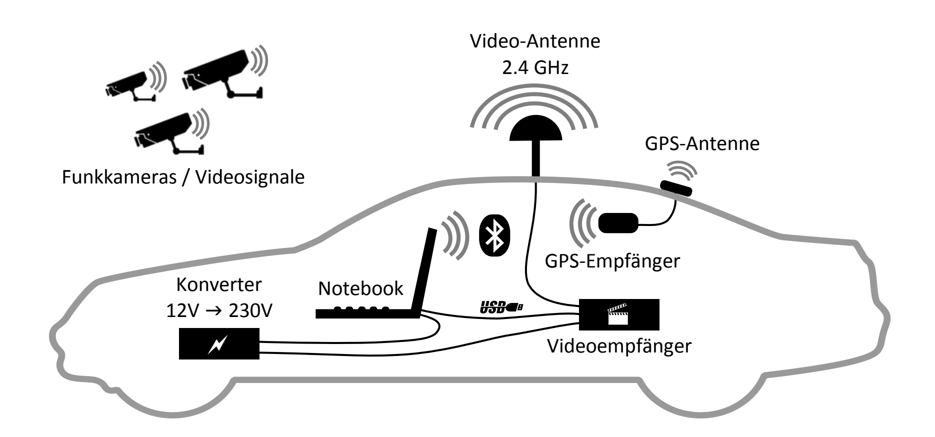


Abbildung 1: Aufbau des Hunting-Systems

Der Vorgang der systematischen Erfassung von Funkkameras ist unter dem Begriff Warviewing bekannt. Teilweise werden auch die Begriffe Warspying oder Warwatching genutzt. Damit zielen sie in eine ähnliche Richtung wie das Wardriving, bei welchem WLANs erfasst werden sollen.

Allgemein handelt es sich bei der unverschlüsselten Übertragung von Kamerabildern um eine datenschutzrechtlich heikle Angelegenheit. Neben den technischen Abklärungen wurden auch die rechtlichen Aspekte des Betriebs solcher unsicheren Funkkameras sowie das Abfangen deren Bilder behandelt. Diese Ausführungen sind im Kapitel 7 (Rechtliche Aspekte) aufgeführt.

Mit den Erkenntnissen der Erfassungsfahrten soll die Bevölkerung in der Verwendung von unverschlüsselten Funkkameras sensibilisiert werden. Es ist vorgesehen, dass die Konsumentenschutz-Sendung Kassensturz des Schweizer Radio und Fernsehen (SRF) das System nach Abschluss der Arbeit für einen Beitrag nutzt.

Im Rahmen der Erfassungsfahrten könnten auch noch Sender anderer 2.4 GHz-Systeme wie Bluetooth oder WLAN detektiert werden. Bei den Bluetooth-Sendern ist der Aufbau einer Datenbank mit Bluetooth-IDs und Lokationsinformationen ein Thema. Beim WLAN könnte man in Erfahrung bringen, wie stark sich WLANs in der Praxis gegenseitig stören. Effektiv wurde ein System evaluiert, welches die nötigen Informationen für eine Auswertung zur gegenseitigen Störung von benachbarten WLANs sammelt. Da dies jedoch nur einen sehr kleinen Teil der Arbeit ausmacht, sind diese Erkenntnisse im Anhang im Kapitel 9.7 (Aufzeichnung der WLAN-Daten) zu finden.

1.1. Bisherige Berichte

Zu Beginn der Arbeit wurden die nötigen technischen Grundlagen zum Videofunk erarbeitet wie Frequenzbänder, Kanäle und benötigte Empfänger zum Aufzeichnen der Signale. Nebenbei wurde im Internet nach bisherigen Berichten zum Warviewing und allfälligen Erfahrungsberichten recherchiert. Das Ziel war abzuklären, worauf bei Erfassungsfahrten geachtet werden muss und ob es bereits ähnliche Arbeiten dazu gibt. Weiterhin sollte auch erarbeitet werden, wann und inwiefern das Thema Warviewing bereits in den Medien bzw. im Internet diskutiert worden war.

Die Erkenntnisse der Internetrecherche sind in der folgenden Tabelle chronologisch aufgelistet.

Datum	Beschreibung	Land	Quelle
14.04.2002	Erster Artikel zur Problematik des einfachen Abhörens von analogen Funkkameras (Stichwort Nanny-Cam)	USA	New York Times [1]
08.2002	Erfahrungsbericht über eigenen Warviewing-Aktivitäten	USA	private Webseite [2]
**12.2002	Kurzer Bericht über eigene Warviewing-Aktionen in einem bekannten Hackermagazin	USA	2600 Magazine [3]
01.2003	Erste Warviewing-Aktivitäten in San Francisco	USA	Security-Focus [4] [5]
*07.04.2003	Anleitung zur Modifikation eines Videofunkempfängers zum automatischen Frequenzscannen für Warviewing	USA	private Webseite [6]
25.05.2003	Eintrag im deutschen Wardriving-Forum zu Warviewing mit kurzem Erfahrungsbericht	D	Wardriving-Forum.de [7]
*24.08.2003	Anleitung zur Modifikation eines Videofunkempfängers zum automatischen Frequenzscannen für Warviewing	USA	private Webseite [8]
28.01.2004	Artikel zum Thema Warviewing und dessen Geschichte inkl. Interview mit einem Warviewer	USA	SecurityFocus [5]
03.2004	Warviewing Bericht im Community Magazin PA1N über erste Erfahrungen	USA	PA1N Magazine Vol. 9 [9]
17.10.2004	Eintrag im deutschen Wardriving-Forum zum Warviewing mit kurzem Erfahrungsbericht	D	Wardriving-Forum.de [10]
***2004	Artikel mit kurzem geschichtlichem Abriss und Ausführungen zur Legalität des Warviewing, zudem Hinweise zum Abhörschutz	USA	Detroit Regional Chamber [11]
23.05.2005	Videobeitrag zum Eigenbau eines Systems zum Aufspüren von analogen Funkkameras inkl. einer kurzen Demonstration	USA	Revision3 .com [12]

Datum	Beschreibung	Land	Quelle
01.06.2005	Start der Webseite WARspy Los Angeles	USA	WARspyLA .com [13]
19.07.2005	Start des Wikipedia-Eintrags zu Warviewing	USA	Wikipedia [14]
29.12.2005	Wiener Datenschutzverein „quintessenz" fängt Bilder von Funküberwachungskameras der Polizei ab: Die Kameras waren häufig auf umliegende Häuser gerichtet anstatt den zu überwachenden Platz. Warviewing Fahrten in Wien [15]	A	Spiegel Online [16]
07.05.2008	Juso Luzern zapft private Videofunkkameras an und veröffentlicht die Bilder auf YouTube. Aktion in Hinblick auf die bevorstehende Abstimmung zur Videoüberwachung im öffentlichen Raum.	CH	Neue Luzerner Zeitung [17]
19.12.2008	Videobericht zum Empfang von fremden Videobildern mit dem Monitor einer drahtlosen Auto-Rückfahrkamera	D	Bild.de [18]
13.01.2009	Videobericht zum Empfang von fremden Videobildern mit dem Monitor einer drahtlosen Auto-Rückfahrkamera	D	AKTE 09, SAT.1 [19]
05.06.2009	Artikel zur Künstlergruppe „bitnik", welche Kunst aus Bildern von Überwachungskameras machen	CH	Tages Anzeiger [20]
11.2009	Anleitung zu einem Warviewing-Gerät von Green Bay Professional Packet Radio (GBPPR)	USA	GBPPR Zine Magazine 67 [21]
04.12.2009	Kameraspaziergänge in Berlin durch das Seminar für angewandte Sicherheit (SaU) [22]	D	taz.de [23]
02.01.2010	Kameraspaziergänge in Berlin durch das SaU	D	Berliner Zeitung [24]
28.01.2010	**Fernsehbeitrag vom NDR**	**D**	**NDR [25]**
06.2010	Erste Abklärungen vom Kassensturz für eigene Warviewing-Fahrten in der Schweiz	CH	
11.06.2010	Kameraspaziergänge in Berlin durch das SaU	D	taz.de [26]
20.09.2010	**Fernsehbeitrag vom ZDF WISO**	**D**	**ZDF [27]**

Tabelle 1: Bisherige Diskussion von Warviewing in den Medien und im Internet

*: Datum gemäss der ersten Erfassung der Webseite auf archive.org, Angabe eines genauen Publikationsdatum nicht möglich aufgrund fehlender Angabe auf der Webseite selber
**: Publikationszeitpunkt: Winter 2002/2003
***: Schätzung, genaues Publikationsdatum nicht bekannt
Grau: Publikationen in den Medien oder auf deren offiziellen Webseiten

Ein Artikel in der New York Times im April 2004 gilt als Auslöser des Warviewing [5] [11]. Es konnten keine früheren Hinweise zu diesem Thema gefunden werden. Wie in der Tabelle ersichtlich ist, gibt es verschiedene Beiträge auf amerikanischen Webseiten zum Warviewing. Die meisten davon sind sehr technisch und beschreiben die Modifikation von Videoempfängern für ein automatisches Scannen der Frequenzen oder um mehr Frequenzen empfangen zu können.

Es ist klar zu erkennen, dass primär die technisch versierten Nutzer an diesem Thema interessiert sind, so wie dies auch beim Wardriving zuerst der Fall war. Festzustellen ist, dass das Interesse in den USA nach 2005 stark zurückging. Die im 2005 speziell zum Thema Warviewing in Los Angeles erstellte Webseite WARspyLA.com wurde seit März 2006 nicht mehr aktualisiert. Es konnten auch keine relevanten Beiträge auf privaten deutschsprachigen Webseiten zum Thema gefunden werden, ausser das in Foren das Thema kurz behandelt aber nicht weiterverfolgt wurde. Dies lässt auf wenig Interesse diesbezüglich schliessen oder allfällige Aktivitäten wurden nicht für alle zugänglich festgehalten. Auch nach den interessanten Beiträgen zur Datenschutzproblematik der Videofunkkameras vom NDR und ZDF gibt es keine Diskussionen zum Thema oder Erfahrungsberichte dazu.

Im Beitrag vom NDR aus dem Jahr 2010 wird einleitend erwähnt, dass Überwachungskameras aufgrund des Fehlens einer Registrierungspflicht stark verbreitet sind. Es wird kritisiert, dass oft nicht klar ist, wer auf die Aufnahmen Zugriff hat, und dann genauer auf die einfach anzuzapfenden Funkkameras eingegangen. Mittels konkreten Funden wird gezeigt, wie einfach Bilder solcher Kameras empfangen werden können, teilweise sogar mit Ton. Ebenfalls in 2010 wird im ZDF WISO gezeigt wie einfach die Aufnahmen von Kameras in Geschäften und im Privatbereich bei Erkundungsfahrten angezapft und betrachtet werden konnten. An nur einem Tag detektierte das Team über 80 Kameras im Rhein-Main-Gebiet (Frankfurt).

Mit der Überwachungskameraproblematik beschäftigt sich das Seminar für angewandte Sicherheit (SaU) aus Berlin ziemlich intensiv. Auf ihren „Kameraspaziergängen“, welche bereits mehrmals durchgeführt wurden, halten sie Positionen und Kommentare zu den entdeckten Kameras öffentlich zugänglich auf ihrer Webseite fest. Es wurde sogar eine Kamerakarte [28] erstellt.

1.2. Einsatzgebiete

Video-Funksysteme werden für ganz unterschiedliche Zwecke eingesetzt. Folgend eine Auflistung möglicher Einsatzgebiete:

- Sicherheitsüberwachung
    - Kassen- / Geschäftsbereich
    - Haus - / Wohnungseingang
    - usw.
- Rückfahrkamera im Auto
- Baby-Monitor / Babycam
- Video-Links
- usw.



Abbildung 2: In dieser Arbeit verwendete analoge Funkkameras

Am häufigsten sind Funkkameras bei der Sicherheitsüberwachung anzutreffen. Solche unverschlüsselten Kameras werden hauptsächlich im privaten Umfeld sowie auch in kleineren Geschäften verwendet [29]. Der Hauptgrund dafür liegt mit grosser Wahrscheinlichkeit beim Preis. Ein einfaches analoges Funkkamera-Überwachungsset – bestehend aus mindestens einer Funkkamera und einem Empfänger für den Anschluss an einen Fernseher – ist bereits ab 100 SFr. erhältlich [38]. Im Gegensatz zu diesem preiswerten Angebot steht eine Installation durch professionelle Sicherheits-Firmen, welche ein Mehrfaches davon kosten. Grössere Unternehmen wie Banken, Warenhäuser, die Post usw. sind sich der Gefahr solcher billigen, unverschlüsselten Kameras anscheinend bewusst und besitzen auch das nöti-

ge Budget um auf teurere, aber sicherere Lösungen zu setzen. Dabei wird oft auf drahtlose Systeme verzichtet und das ganze Sicherheitssystem fix verkabelt.


Abbildung 3: Video-Funksystem

Die Übertragung von Fernsehbildern innerhalb des Hauses oder der Wohnung kann auch über Funk geschehen. Dies ist beispielsweise nötig, wenn Fernseher nicht direkt beim Satelliten-Empfänger stehen. Mittels eines Video-Links (wie in Abbildung 3 ersichtlich) kann so die Verbindung hergestellt werden. Da hier das gleiche Frequenzband wie bei den Funkkameras verwendet wird, kann auch dieses Signal abgefangen werden.

1.3. Verbreitung

In der Schweiz hat die Funkkamera-Problematik kaum Aufregen verursacht. Der Artikel im Tages Anzeiger führte nicht zu weiterem Aufsehen und auch die Aktivitäten der Luzerner Juso verhallten beinahe unbemerkt.

Bei ersten Testfahrten vom Kassensturz im Sommer 2010 wurden nur wenige Kameras gefunden. Es ist nicht klar, ob dies daran liegt, dass in der Schweiz nur wenige unverschlüsselte Kameras im Einsatz sind, oder ob die Empfangssysteme zu wenig empfindlich waren.

Als Ansatz um die Verbreitung von Funkkameras in der Schweiz abzuklären, wurde versucht die Verkaufszahlen von Funkkameras bei verschiedenen Geschäften zu ermitteln. Folgende Geschäfte wurden diesbezüglich angefragt:

- Interdiscount
- Melectronics
- Fust
- MediaMarkt
- Manor
- Conrad

Leider war keines der Unternehmen bereit, auch nur eine Grössenordnung der Verkaufsmengen zu nennen. Die Begründung war meistens, dass keine Verkaufszahlen nach aussen kommuniziert werden. Interdiscount und Fust verkaufen gemäss Anfrage keine Funkkameras, von MediaMarkt und Manor wurde überhaupt keine Antwort erhalten. Bei Melectronics hiess es, man habe keine Zeit für die Beantwortung solcher Fragen.


Abbildung 4: Handempfänger

Es bleiben somit noch Conrad und diverse Online Shops übrig, welche Funkkameras vertreiben. Oft werden Funkkameras in SpyGadget Shops angeboten, welche spezielle Modelle zum Auspionieren verkaufen. Im Verlaufe der Arbeit wurde bekannt, dass auch Coop (siehe Kapitel 6.4, Befragung von Kamerabetreibern) und Landi (Spezialaktion im März 2011) solche Funkkameras im Angebot haben bzw. hatten.

Um ein Gefühl für die Verbreitung zu erhalten, wurden verschiedene Geschäfte in Rapperswil aufgesucht und direkt nach Ihren Überwachungssystemen gefragt [30]. Einige gaben sich sehr auskunftsfreudig,

andere waren jedoch ziemlich misstrauisch. Bei den fünf besuchten Geschäften mit Überwachungssystemen waren verkabelte Anlagen in Betrieb.

Bei einem Rundgang in Rapperswil mit einem Handempfänger konnten innerhalb von 4 Stunden 4 Funkkameras detektiert werden. Alle diese Kameras befanden sich in einer Strasse mit vielen kleinen Geschäften. Dies lässt eine ernstzunehmende Verbreitung in der gesamten Schweiz erahnen.

2. Video-Funksignal

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Grundlagen zur Videoübertragung mittels Funk dargelegt.

2.1. Funksysteme

Funksysteme wurden in den letzten Jahren sowohl technisch als auch kommerziell zunehmend zur interessanteren Alternative gegenüber der drahtgebundenen Übertragung. Die weite Verbreitung von Funksystemen hat mit der Einführung von Ultrakurzwellen-Rundfunk (UKW) begonnen und seither stetig zugenommen. Es folgten terrestrisches Fernsehen, Mobilfunksysteme, Satellitenverbindungen, Funknetzwerke, Bluetooth und viele andere Funksysteme. Heutzutage sind auch im Heimbereich immer öfter Funksysteme anzutreffen.

Abbildung 5 zeigt die Funksysteme mit der weitesten Verbreitung im Heimbereich.

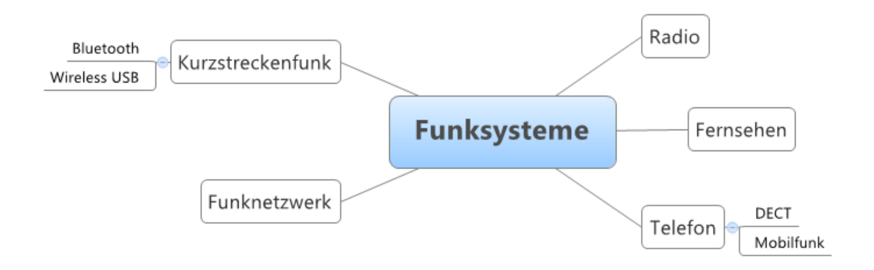


Abbildung 5: Funksysteme im Heimbereich

Bei der Verwendung von Funksystemen ergeben sich im Vergleich zu kabelgebunden Systemen Vor- und Nachteile.

Vorteile:
- keine Kabelgebundenheit → Mobilität
- keine Kabel müssen verlegt werden → günstiger und schneller installiert

Nachteile:
- Personen sind einer Strahlung ausgesetzt
- Interferenzen / Störungen möglich
- oftmals tiefere Übertragungsbandbreite
- einfacher abhörbar, womit Sicherheit beeinträchtigt wird

In der vorliegenden Arbeit werden Funksysteme im 2.4 GHz-Band untersucht. In Abbildung 6 sind die im 2.4 GHz-Band funkenden Systeme dargestellt, wobei auch bekannte Störquellen beachtet wurden.

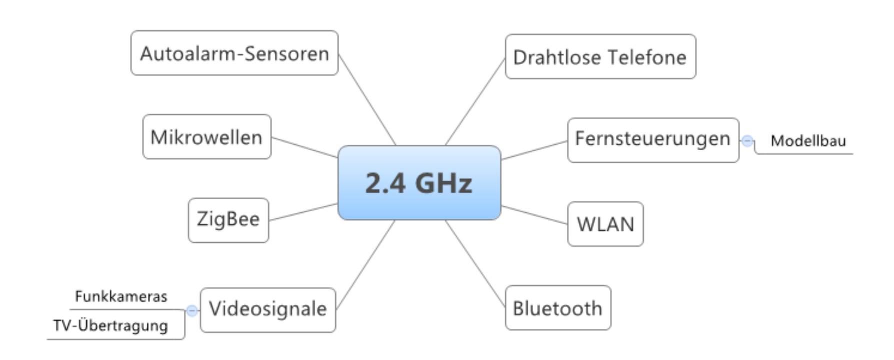


Abbildung 6: Systeme im 2.4 GHz-Band

Das 2.4 GHz-Band wird intensiv genutzt. Neben bekannten Funksystemen wie WLAN oder Bluetooth, verwenden auch einige weniger bekannte Systeme wie Autoalarm-Sensoren oder Modellbau-Fernsteuerungen dieses Band. Dabei kann es zu gegenseitigen Störungen kommen, da es keine frequenzmässige Unterteilung bei den Systemen gibt [32]. Für diese Arbeit sind die über Funk übertragenen Videosignale interessant. Der Fokus wird dabei auf analoge Funkkameras gelegt. Modelle, welche via WLAN verbunden sind, werden nicht berücksichtigt.

2.2. Frequenzbänder

Generell gilt, wer das Funkfrequenzspektrum nutzen will, braucht eine Konzession. Jede Nutzung des Frequenzspektrums bis 3000 GHz ist, mit Ausnahmen, konzessionspflichtig. Die Nutzung verschiedener Frequenzbänder ist den Regelungen der International Telecommunication Union (ITU) unterworfen. Die ITU und die entsprechenden Landesorganisationen (in der Schweiz das Bundesamt für Kommunikation, BAKOM) legen in Frequenznutzungsplänen fest, welche Frequenzen für welche Dienste genutzt werden dürfen. Die Frequenzen von 2.4 – 2.5 GHz gehören dem Industrial, Scientific and Medical (ISM) Band des Typs B an. Dies bedeutet, dass es frei nutzbar ist und keine Genehmigungen benötigt werden für dessen Nutzung [16] [33]. Mit einer speziellen Bewilligung des BAKOM darf auch ausserhalb der ISM-Bänder gefunkt werden [34]. Jedoch ist dies ein Ausnahmefall und somit für diese Arbeit nicht relevant.

Folgende ISM-Bänder werden für die Übermittlung von Videosignalen benutzt [35]:

- 2.4 – 2.5 GHz
- 5.725 – 5.875 GHz

Das 5.8 GHz-Band wird vorläufig sehr wenig genutzt, weshalb Videoübertragungen in diesem Band nur wenig Störungen ausgesetzt sind. Beim 2.4 GHz-Band ist es umgekehrt: Viele andere Funksysteme in diesem Band sind potentielle Störungsverursacher für Videoübertragungen (siehe vorheriges Kapitel, Funksysteme).

Video-Funksysteme für das 5.8 GHz-Band sind allerdings noch nicht weit verbreitet. Bei allen im Kapitel 1 (Einleitung) aufgeführten Verkaufsstellen von Video-Funksystemen werden nur 2.4 GHz-Systeme angeboten. Sogar Conrad, das in Europa führende Elektronik-Versandunternehmen, führt

keine 5.8 GHz-Systeme. Aus diesem Grund unterstützt das Video-Hunting-System aktuell nur das 2.4 GHz-Band. Ein Ausbau des Systems für das 5.8 GHz-Band ist jedoch problemlos möglich, wenn ein entsprechender Empfänger zu Verfügung steht (siehe Kapitel 3, Video-Empfänger).

2.3. Analog / Digital

Die Übermittlung des Video-Funksignals kann entweder analog oder digital erfolgen. Obwohl die Vorteile der digitalen Geräte überwiegen, werden heute noch häufiger analoge verkauft. Gemäss Auskunft eines deutschen Onlineshops für Überwachungssysteme beträgt das Verhältnis von analog zu digital bei ihnen immer noch 7.5 zu 1. Der Digitalfunkbereich sei jedoch stark wachsend [36]. Für die Schweiz konnten keine Zahlen ermittelt werden. Es wird jedoch angenommen, dass sich die Zahlen im gleichen Rahmen bewegen.

Die Vorteile und Nachteile von analoger und digitaler Übermittlung werden in der Tabelle 2 gegenübergestellt [37].

Analog	Digital
+ Preiswert, erhältlich ab SFr. 100.- [38] + Geräte verschiedener Hersteller lassen sich problemlos mischen + Auswahl an Kameras grösser - unverschlüsselt	+ Durch Frequenz Hopping gegen einfaches Abhören „geschützt“ + Weniger anfällig auf Störungen ebenfalls durch Frequenz Hopping + Bessere Bildqualität als analoges Bild bei gleicher Distanz - Teurer, erhältlich ab SFr. 350.- [39]

Tabelle 2: Vorteile und Nachteile analoger und digitaler Video-Funksysteme

Die gerne als abhörsicher angepriesenen digitalen Video-Funksysteme [39] sind in Tat und Wahrheit nur wenig sicherer als analoge Systeme. Während analoge Systeme das Signal auf einer Frequenz aussenden, wechseln digitale die Übertragungsfrequenz in einem vorbestimmten Muster, was Frequenz Hopping genannt wird. Diese Technik macht die Übertragung störungsresistenter und verteilt die Sendeleistung über das ganze Band. Das Frequenz Hopping ist der einzige Abhörschutz bei den gesichteten Systemen. Sobald das Frequenz-Muster jedoch bekannt ist, können auch digitale Video-Funksysteme abgehört werden. Diese technische Massnahme bietet also keine starke Sicherheit, es handelt sich lediglich um „security by obscurity“ (engl. Sicherheit durch Unklarheit) [40].

Der Grund für den besseren Verkauf von analogen Systemen dürfte beim Preis liegen. Viele Kunden sind sich sehr wahrscheinlich nicht bewusst, dass eine solche Videoübertragung einfach abgehört werden kann.

Alle untersuchten analogen Systeme setzen die Frequenz Modulation (FM) ein. Durch den bei FM bedingten Schwellwerteeffekt wird meistens nur das Signal von einer Quelle empfangen, das jeweils stärkere, und es kommt zu keiner Durchmischung. Dieser Effekt hilft dem Hunting-System, verschiedene Videosignal-Quellen auseinander halten zu können [41].

Das entwickelte Hunting-System beschränkt sich auf das Erkennen von analogen Videosignalen im 2.4 GHz-Band. Eine Erweiterung auf digitale Videosignale wäre ebenso denkbar wie die Erweiterung auf das 5.8 GHz-Band (siehe vorheriges Kapitel, Frequenzbänder).

2.4. Kanäle

Im 2.4 GHz-Band fehlt eine Standardisierung der analogen Kanäle. Die verschiedenen Systeme können sich in der unteren und der oberen Grenzfrequenz unterscheiden sowie auch unterschiedliche Bandbreiten aufweisen. Der analoge Videoempfänger „Grandtec Grand RF Grabber USB“ (siehe Kapitel 9.3.3) unterstützt beispielsweise vier Kanäle mit den Mittenfrequenzen 2.410 GHz, 2.430 GHz, 2.450 GHz und 2.470 GHz bei einer Bandbreite von 20 MHz pro Kanal. Das Systeme „GigaLink Transmitter mono“ [42] weist fünf Kanäle auf, beginnend mit der Mittenfrequenz 2.4145 GHz und jeweils einer Signalbandbreite von 14 MHz.

Die meisten im Internet und auch im Schweizer Handel gefundenen analogen 2.4 GHz Systeme besitzen jedoch vier Kanäle, weisen eine Signalbandbreite von 18 MHz auf und verwenden folgende Mittefrequenzen [43] [44] [45] [46]:

- Kanal ❶: 2.414 GHz
- Kanal ❷: 2.432 GHz
- Kanal ❸: 2.450 GHz
- Kanal ❹: 2.468 GHz

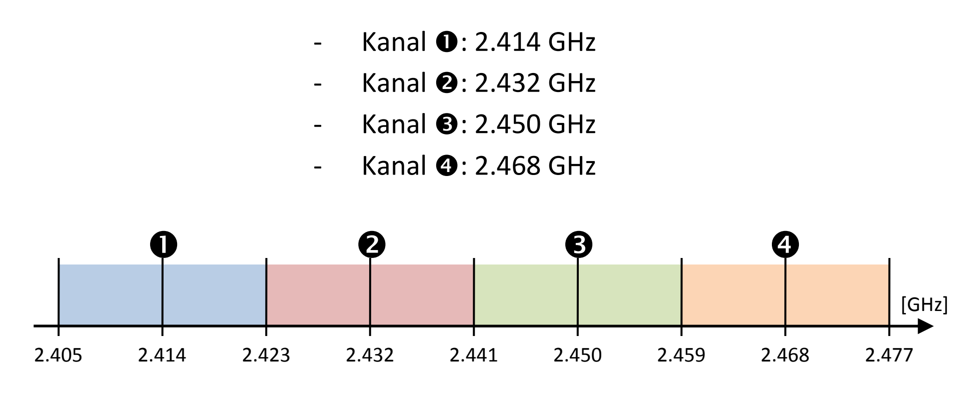


Abbildung 7: Kanal-Verteilung

Diese vier Kanäle werden auch von dem Videoempfänger unterstützt, welcher für diese Arbeit verwendet wurde (siehe Kapitel 3, Video-Empfänger).

2.5. Kompatibilität

Wie Tests gezeigt haben, sind analoge Video-Funksysteme – welche auf den gleichen Frequenzen senden und empfangen – vollständig kompatibel zueinander. Somit können beliebige Produkte von verschiedenen Herstellern kombiniert werden, sofern dieselben Frequenzen unterstützt werden.

Es konnte festgestellt werden, dass sogar bei geringen Frequenzabweichungen ein praktisch rauschfreies Bild empfangen werden kann. Beispielsweise kann mit dem Quad-Empfänger (siehe Kapitel 3, Video-Empfänger) auf Kanal 2 (2.432 GHz) problemlos ein Bild auf der um 2 MHz versetzten Frequenz (2.430 GHz) des „GigaAir 4561“ (siehe Kapitel 9.3.5) empfangen werden.

Bis zu einer Distanz von maximal einem Meter kann sogar ein Videosignal empfangen werden, welches um einen ganzen Kanal verschoben ist. Es ist beispielsweise möglich, mit einem Empfänger auf Kanal 1 (2.414 GHz) ein Signal zu erhalten, welches von einer Kamera auf Kanal 2 (2.432 GHz) gesendet wird. Das empfangene Videobild weist eine schlechte Qualität auf, jedoch können Konturen und starke Kontraste erkannt werden.

Mit einem Videoempfänger, welcher die am meisten verwendeten Frequenzen resp. Kanäle unterstützt (siehe vorheriges Kapitel, Kanäle), ist es also möglich auch die Signale von anderen Sendern mit leicht abweichenden Frequenzen zu empfangen.

2.6. Reichweite

Allgemein gilt, dass die Signalstärke im Freiraum quadratisch mit der Entfernung zur Quelle abnimmt. Die Reichweite eines Signals hängt aber auch mit der verwendeten Frequenz ab: Je höher die Frequenz, desto geringer die Reichweite (bei gleichbleibender Sendeleistung) [12]. Auch hier ist der Zusammenhang quadratisch, d.h. eine Verdoppelung der Frequenz führt zu viermal niedriger Reichweite. Betrachtet man nicht nur die Übertragung im Freiraum, so gilt zu beachten, dass hochfrequente Signale durch Medien (z.B. Mauern, Wasser) stärker gedämpft werden als niederfrequente Signale, was ihre Reichweite weiterhin abschwächt [47].

In den Handbüchern der untersuchten 2.4 GHz Video-Funksystemen wird von einer maximalen Reichweite von 30 bis 200 Metern geschrieben. Es wird angenommen, dass diese grossen Unterschiede aufgrund unterschiedlicher Antennen und unterschiedlichen Sendepegeln zustande kommen. Die maximale Sendeleistung ist jedoch gemäss BAKOM auf 10mW beschränkt [34][48]. Es ist sinnvoll, dass eine batteriebetriebene Kamera – aus Gründen der Batterielebensdauer – das Videosignal nicht mit gleicher Leistung aussendet wie eine Kamera, welche ans Stromnetz angeschlossen ist. Die in den Handbüchern beschriebenen Reichweiten sind auch immer unter Sichtkontakt zu verstehen. In Gebäuden liegt die Reichweite meist weit unter jener mit Sichtkontakt, da Wände, Möbel, Türen usw. das Signal dämpfen.

Bei Tests, welche im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte wurden, haben gewisse Kameras bei Sichtkontakt eine Reichweite von bis zu 150 Meter erreicht. Innerhalb eines Gebäudes wurde eine maximale Reichweite von knapp 80m gemessen. Durch die Nutzung von speziellen Antennen beim Empfänger kann jedoch auch in grösserer Distanz noch ein Signal empfangen werden (siehe nächstes Kapitel, Antenne).

Falls ein ausgesendetes Video-Funksignal beispielsweise durch eine Mauer gedämpft wird, muss das Hunting-System für eine Erfassung des Videosignals umso näher an dessen Quelle sein. Unter ungünstigen Umständen könnte z.B. ein Videosignal eines Geschäftes auf der Strasse nicht empfangen werden, auf dem Trottoir jedoch schon. Diese Problematik könnte einerseits durch empfindlichere Antennen mit mehr Signalgewinn gelöst oder andererseits die Erfassungsfahrten durch „Erfassungsspaziergänge“ ergänzt werden.

2.7. Antenne

Die meisten drahtlosen Videoübertragungssysteme verfügen über integrierte Antennen. Empfänger mit externem Antennenanschluss bieten die Möglichkeit die Empfangsempfindlichkeit mit speziellen Antennen zu verbessern. Dadurch wird die Bildqualität bereits empfangener Video-Funksignale besser und das Signal kann stabiler empfangen werden. Andererseits wird aber auch der Empfangsbereich ausgeweitet, womit weitere Video-Funksignale empfangen werden können. Da das Hunting-System auch im Auto betrieben werden soll, ist aufgrund der Signaldämpfung durch die Karosserie eine Antenne stark zu empfehlen.

Für die Anwendung beim Warviewing ist die Richtwirkung der Antenne zu beachten:

- Bei *omnidirektionalen* Antennen wird der Empfang von allen Richtungen verstärkt. Es spielt somit keine Rolle, ob ein Sender rechts, links, vorne oder hinter der Antenne positioniert ist.
- Die *direktionale* Antenne hingegen ist richtungsgebunden. Es wird nur das Signal aus der Richtung verstärkt, in welche die Antenne ausgerichtet wird. Die direktionale Antenne weist im Vergleich zur omnidirektionalen einen höheren Signalgewinn aus.

Für die Erfassungsfahrten soll eine omnidirektionale Antenne verwendet werden, da die Position der Video-Funksysteme im Vornherein nicht bekannt ist und darum die Signale aus allen Richtungen verstärkt werden müssen. Für eine manuelle, genauere Bestimmung des Standorts eines Videofunksystems könnte nach der Detektion mit dem Hunting-System eine direktionale Antenne hinzugezogen werden, um die genaue Richtung zu ermitteln, in welcher sich der Sender befindet [49].

Da im Rahmen dieser Arbeit der Fokus auf Video-Funksystemen im 2.4 GHz-Band liegt, können 2.4 GHz WLAN-Antennen verwendet werden [50]. Für das Hunting-System wurde die folgende WLAN-Rundstrahl-Antenne mit den folgenden Eigenschaften beschafft:

Bezeichnung	2.4 GHz WLAN Rundstrahlantenne, Saugfuss, 14dBi
Beschafft bei	Wlan-shop24.de, April 2011
Frequenzbereich	2.4 GHz (IEEE 802.11 b/g/n)
Leistungsgewinn	14 dBi
Kabellänge	2m
Anschluss	RP-SMA
Max. Windlast	30 N

Tabelle 3: Eigenschaften der Antenne



Abbildung 8: beschaffte WLAN -Rundstrahl-Antenne

Aufgrund der Montagemöglichkeit auf dem Autodach mit dem Saugnapf eignet sich die Antenne sehr gut für Erfassungsfahrten. Die Kabellänge von 2m ist gerade ausreichend.

Da der in dieser Arbeit verwendete Quad-Empfänger (siehe Kapitel 3.2, Eingesetzter Empfänger) über eine SMA-Buchse verfügt, ist für den Anschluss der Antenne ein Adapter nötig. Dabei handelt es sich um die Ausführung „SMA-Stecker auf SMA-Reverse-Buchse“. Details zu den SMA / R(P)-SMA Steckern ist unter den folgenden Quellen zu finden: [51] [52].



Abbildung 8: SMA Adapter

Signaldämpfung

Das Antennenkabel sowie alle Adapter bis zum Empfänger haben eine Dämpfung des Signals zur Folge. Das Kabel der gekauften Antenne weist inkl. Stecker eine Dämpfung von 3 dB [53] auf. Beim Adapter fehlt die Angabe dieses Wertes. Ein ähnlicher SMA-Adapter wie der verwendete hat eine Dämpfung von etwa 0.05 dB [54]. Von den 14 dBi Antennengewinn dürften schlussendlich ca. 10 dBi übrig bleiben. Der Signalgewinn ist also um einiges höher, als mit der standardmässig mitgelieferten Antenne des Quad-Empfängers, welche ungefähr einen Gewinn von 3 dBi liefert [55].

2.8. Detektionen

Empfang bei Geschwindigkeit

Das Hunting-System soll während der Fahrt Videosignale (in der Regel Kameras) empfangen können, sprich bei Geschwindigkeiten von bis zu 50 km/h (Auto bei Ortsgeschwindigkeit). Dies hat auf das Video-Funksignal selber keinen merklichen Einfluss, jedoch auf die Empfangsdauer des Signals eines bestimmten Senders. Wird der Empfangsbereich der drahtlosen Kamera (siehe Abbildung 9) mit hoher Geschwindigkeit durchfahren, bleibt nur wenig Zeit, um ein Signal zu erkennen, sprich es können nur einige Bilder aufgezeichnet und ausgewertet werden. Wird hingegen langsamer durch diesen Bereich gefahren, können ganze Videosequenzen aufgezeichnet werden. Somit ist für das Hunting-System wichtig, dass ein Videosignal auch detektiert wird, wenn nur wenige Bilder empfangen werden.

Spezialfälle

Bei der Detektion von Videosignalen gibt es einige Spezialfälle zu beachten. Sobald das Hunting-System in den Empfangsbereich eines Videosignals kommt, wird durch die Bilderkennung (siehe Kapitel 4, Bilderkennung) das Signal erkannt und eine Detektion ausgelöst. Der Normalfall sieht dabei wie die Detektion 1 in Abbildung 9 aus.

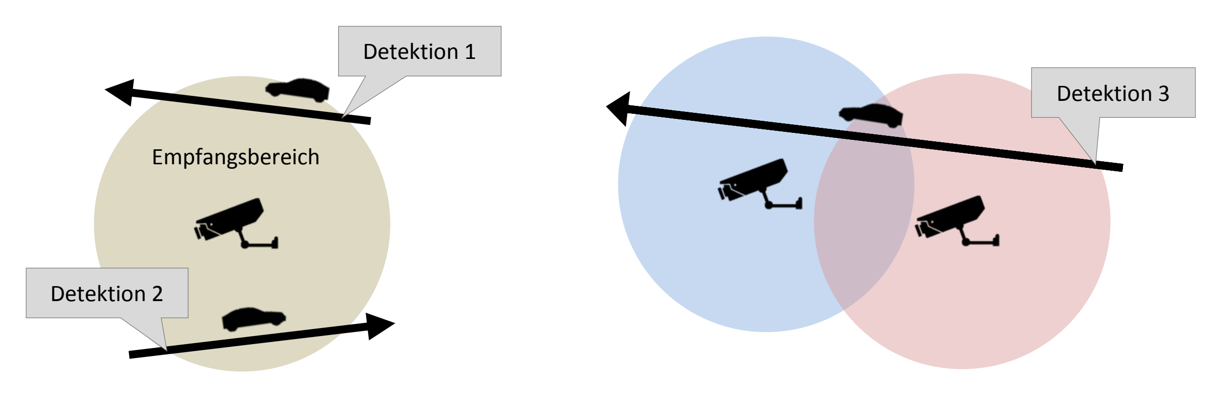


Abbildung 9: Doppelte Detektion eines Videosignales

Abbildung 10: Einfache Detektion mehrerer Videosignale

Jedoch ergeben sich aufgrund der gewählten Strecke bei der Erfassungsfahrt und mehrerer beieinanderliegenden Videosignalen zwei Spezialfälle:

- *Doppelte Detektion eines Videosignals (Abbildung 9)*
  Falls das Hunting-System mehrere Male in den Empfangsbereich desselben Videosignals kommt, werden mehrere unabhängige Detektion ausgelöst. Dies könnte einerseits durch die gewählte Fahrstrecke geschehen, wenn bspw. dieselbe Strasse mehrere Male durchfahren wird oder eine Parallelstrasse benutzt wird, welche ebenfalls im Empfangsbereich desselben Videosignals liegt. Andererseits könnten mehrere Detektion auch ausgelöst werden, falls an der Grenze des Empfangsbereiches gefahren wird und das Videosignal nicht konstant empfangen wird. Dadurch wird bei jeder Überquerung der Grenze eine Detektion ausgelöst.

- *Einfache Detektion mehrerer Videosignale (Abbildung 10)*
  Falls mehrere Video-Funksysteme auf dem gleichen Kanal senden und so nahe beieinander liegen, dass sich die Empfangsbereiche der Videosignale überlappen, wird bei ungünstiger Durchfahrt durch diese Empfangsbereiche nur eine Detektion ausgelöst. Der Wechsel vom einen Videosignal auf das andere wird nicht erkannt, da kontinuierlich Videobilder empfangen werden.

Durch den Vergleich von neu empfangenen Videobildern mit den bisherigen könnten gleiche Videosignale erkannt und kombiniert werden sowie unterschiedliche Videosignale getrennt werden. Diese Arbeit kann jedoch kaum automatisiert werden, da die empfangenen Bilder meistens sehr unterschiedliches Rauschen und Streifen enthalten, welche einen Vergleich schwierig machen. Wie die Umsetzung in der Software effektiv erfolgte, ist im Kapitel 5 (Software) beschrieben.

Videosignal-Position

Bei der Detektion eines Videosignals soll gleichzeitig die GPS-Position erfasst werden, damit die detektieren Videosignale auf einer Karte dargestellt werden können. Bei dieser Position handelt es sich jedoch nicht um die effektive Position der Videoquelle, sondern nur um eine Position auf der Fahrtstrecke durch den Empfangsbereich. Es ist nicht möglich, die Position der Videoquelle ohne manuelle Suche mittels einer Richtantenne aufzuspüren, da sich das Signal kugelförmig ausbreitet.

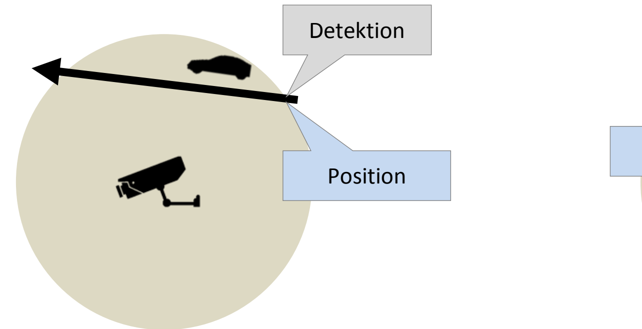


Abbildung 11: Position bei Detektion

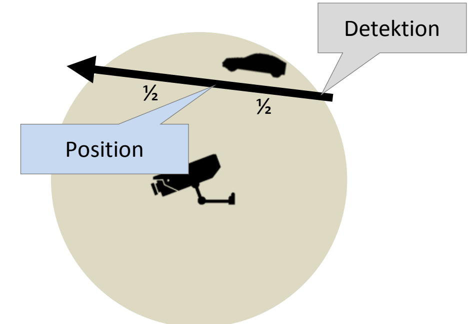


Abbildung 12: Position bei Hälfte des empfangen Videosignals

Die Position kann zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfasst werden. Nachfolgend werden zwei Möglichkeiten dargelegt:

- *Position bei Detektion (Abbildung 11)*
  Die GPS-Position wird gleichzeitig mit der Detektion erfasst. Dies stellt die einfachste Lösung dar, ist jedoch nicht sehr exakt.

- *Position bei Hälfte des empfangenen Videosignals (Abbildung 12)*
  Eine exaktere Positionsbestimmung ist möglich, wenn die GPS-Position in der Hälfte der Fahrtstrecke im Empfangsbereich erfasst wird. Dabei müssten während der ganzen Fahrt im Empfangsbereich dauernd die GPS-Positionen aufgezeichnet werden, da bis zum Verlassen des Empfangsbereiches die Hälfte der Fahrtstrecke nicht bekannt ist.

In der Software wurde die erste Möglichkeit „Position bei Detektion“ aufgrund ihrer Einfachheit umgesetzt. Es gäbe auch noch weitere Möglichkeiten wie den Mittelpunkt aller im Empfangsbereich aufgezeichneten GPS-Position zu bestimmen. Auf genauere Ausführung dazu wird aber verzichtet.

3. Video-Empfänger

In diesem Kapitel wird zum einen auf die Anforderungen an einen Videoempfänger eingegangen, damit die am meisten verwendeten Kanäle (siehe Kapitel 2.4) empfangen werden können. Zum anderen wird das evaluierte und schlussendlich eingesetzte Gerät beschrieben sowie kurz auf andere Modelle eingegangen. Die Details der anderen Empfänger sind im Kapitel 9.1 (Anhang, Videoempfänger) zu finden.

3.1. Anforderungen

Die Anforderungen an den Videoempfänger bzgl. funktechnischer Eigenschaften werden aus den Vorabklärungen bestimmt, welche in den Kapitel 2.2 (Frequenzbänder), 2.3 (Analog / Digital) und 2.4 (Kanäle) beschrieben sind. Weitere Anforderungen kommen dadurch zu Stande, dass das Warviewing automatisch möglich sein soll.

Nachfolgend sind die wichtigsten Kriterien aufgelistet:

1. **Empfang analoger Videosignale im 2.4 GHz-Band**
   Der Empfänger muss analoge Videosignale im 2.4 GHz-Band empfangen können, wobei die Kanäle mit dem (Mitte-)Frequenzen von 2.414 GHz, 2.432 GHz, 2.450 GHz und 2.468 GHz unterstützt werden müssen.
2. **Gleichzeitiger Empfang der vier Kanäle**
   Der Empfang von den im vorherigen Punkte beschriebenen Kanälen soll gleichzeitig möglich sein, ein sogenannter 4-Kanal- oder auch Quad-Empfänger. Kann nur das Signal eines Kanals empfangen werden, so müssten entweder vier Empfänger verwendet oder die Fahrt mehrmals, jeweils mit einem anderen eingestellten Kanal, durchgeführt werden. Es wäre auch möglich, während der Fahrt zwischen den Kanälen schnellst möglich hin und her zu wechseln, automatisch oder manuell. Dabei verpasst man aber zwangsweise immer die Signale der drei nicht aktiven Kanäle, was einen Verlust von 3/4 der Informationen entspricht. Bei einer Fortbewegungsgeschwindigkeit von 50 km/h werden in einer Sekunde bereits ca. 14m zurückgelegt.
3. **USB-Anschluss**
   Damit das Videosignal des Empfängers am PC verarbeitet werden kann, muss das Gerät an den PC angeschlossen werden können. Am einfachsten ist dabei der Anschluss via USB. Es wäre jedoch auch denkbar, am PC eine Videokarte oder ein spezielles USB-Gerät einzusetzen, welche das Videosignal des Empfängers digitalisieren kann.
4. **Empfänger wird am PC als Imaging-Device erkannt**
   Ein USB-Anschluss alleine reicht jedoch nicht aus. Ein möglichst einfacher Zugriff auf das Videosignal von einem Programm aus muss möglich sein. Bei gewissen Treibern ist dies nur über proprietäre Software möglich. Wird das Gerät jedoch vom Computer als „Imaging Device“ erkannt, so kann das Videosignal einfach über eine standardisierte Schnittstelle abgegriffen werden.

5. **Treiber für Windows XP und/oder aufwärts**
   Für den Videoempfänger muss ein Treiber vorhanden sein, der mindestens unter Windows XP funktioniert. Am besten wäre die Unterstützung von Windows 7, da dies bereits auf vielen Computern installiert ist und den zukünftigen Einsatz der Warviewing-Systems interessanter macht.
6. **Anschluss für eine externe Antenne**
   Um den Empfang des Empfängers zu verbessern ist ein externer Antennenschluss nötig. So können mittels einer externen Antenne auch schwächere Signale von Video-Funksystemen empfangen werden. Da beim Warviewing mittels Auto das Funksignal durch die Karosserie abgeschwächt wird, ist bei diesem Nutzungsfall eine externe Antenne sehr wichtig, welche auf dem Autodach montiert werden kann.

3.2. Eingesetzter Empfänger

Für die Arbeit konnte ein geeigneter Quad-Empfänger gefunden werden. Es ist das einzige gefundene Gerät, welches alle vier wichtigen Kanäle gleichzeitig empfangen und darstellen kann sowie auch alle restlichen Anforderungen erfüllt.



Abbildung 13: Quad-Empfänger[56]

In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Eigenschaften des Gerätes aufgelistet. Genauere Angaben und eine Bedienungsanleitung können unter [56] bzw. auf der CD gefunden werden.

Bezeichnung	Wireless Receiver & Quad System
Hersteller	Etong Electronics, china-etong.com
Beschafft bei	china-etong.com, März 2011
USB-Port	Ja
Frequenzen [GHz]	2.414, 2.432, 2.450, 2.468
Status	Verfügbar
Treiber	Windows XP & 7, aber Probleme mit Treiber unter Windows 7
Eingebunden als Imaging Device	Ja

Tabelle 4: Eigenschaften Quad Receiver

Vorteile:
- Quad Receiver, kann somit alle Kanäle gleichzeitig darstellen
- Anschluss für externe Antenne

Nachteile:
- Treiberprobleme unter Windows 7
- Gehäuse eher etwas gross
- Audio nur von einem Kanal aufs Mal verfügbar

Quad-Bildfunktion

Der Empfänger kann so eingestellt werden, dass alle vier Kanäle gleichzeitig dargestellt werden. Das Bild wird dabei wie folgt in vier Bereiche eingeteilt:

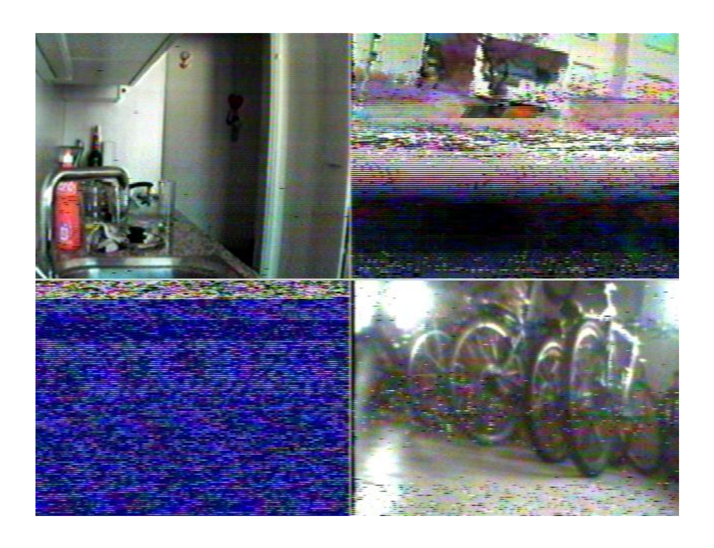


Abbildung 14: Testaufnahme von vier Kanälen mit Quad Receiver

Damit die Bilder der einzelnen Kanäle separat weiterverwendet werden können, muss das Gesamtbild in die vier Teilbilder aufgeteilt werden. Diese Aufgabe wird direkt beim Empfang des Gesamtbildes auf dem Computer durchgeführt, noch vor Anwendung des Bilderkennungs-Algorithmus.

Blaues Bild

Teilweise wird beim Quad-Empfänger ein total oder nur teilweise blaues Bild angezeigt. Dies tritt auf, wenn der Empfänger kein Video-Synchronisationssignal erkannt hat. Details dazu sind im Anhang im Kapitel 9.3.2 (Bluescreen beim Empfänger) aufgeführt. Warum sich das Synchronisationssignal für die Bilderkennung nicht bzw. nur beschränkt eignet, wird im Kapitel 4.6 (Beurteilung) kurz erläutert.

Treiberprobleme

Unter Windows 7 gibt es Probleme mit dem Gerätetreiber. Der Zugriff auf das Gerät und das Videosignal funktioniert, jedoch stürzt das Betriebssystem mit einem Bluescreen ab, wenn das Gerät während eines Zugriffs ausgeschaltet wird. Es reicht bereits aus, wenn das USB-Kabel ausgesteckt oder die Stromversorgung unterbrochen wird. Bei ersten Testfahrten passierte dies einige Male, da der Motor und damit die Stromversorgung abgeschaltet wurden, noch bevor die Aufzeichnung beendet wurde. Dies ist nicht akzeptabel bei längeren Testfahrten. Unter Windows XP führt ein solcher Vorfall jedoch nicht zum Systemabsturz. Deshalb wird für das Hunting-System Windows XP eingesetzt. Bei der Anfrage bei Etong Electronics wurde geantwortet, dass das Gerät Windows 7 nicht unterstützte und demnächst kein neuer Treiber entwickelt werde. Auf der beigelegten CD ist auch eine 64-Bit Treiberversion vorhanden, diese liess sich jedoch unter Windows 7 64-Bit nicht installieren. Eine Installation unter Windows XP 64-Bit wurde nicht getestet.

Audiosignal

Es kann mit dem Empfänger nur ein Audiokanal aufs Mal aufgezeichnet werden, da im Gegensatz zum Bild, nicht mehrere Kanäle zusammengefügt werden können. Deshalb wird das Audiosignal vom Hunting-System auch nicht aufgezeichnet. Damit eine Aufzeichnung möglich wäre, müsste der Empfänger die Übertragung von vier Audiosignalen anbieten.

3.3. Weitere Empfänger

Für erste Aufnahmetests wurden noch andere Videoempfänger eingesetzt, welche jedoch nicht alle Anforderungen erfüllten und für den weiteren Verlauf der Arbeit irrelevant waren. Die Informationen zu diesen Geräten wurde der Vollständigkeit halber im Anhang im Kapitel 9.1 (Videoempfänger) zusammengefasst. Bei der Recherche im Internet wurde auch auf sogenannte „Wireless Camera Hunter“ gestossen. Deren Beschreibung klang vielversprechend, weshalb sie im folgenden Abschnitt separat behandelt werden.

Wireless Camera Hunter

In der SpyGadget-Branche gibt es einige Geräte, welche als Wireless Camera Hunter bzw. Scanner angepriesen werden. Es handelt sich dabei um Geräte welche einen relativ breiten Frequenzbereich, oft von 900 MHz bis 2.7 GHz, absuchen und versprechen alle Kameras in diesem Bereich zu finden. Dabei werden vermutlich nur analoge Funkkameras gefunden.

Vorteile:
- Sucht weiten Frequenzbereich ab
- kompakte Bauweise (siehe Abbildung 15)

Nachteile:
- Suche dauert zu lange für Benutzung bei Erfassungsfahrten mit dem Auto
- schlecht automatisierbar, Scanner hält an bei Fund
- sehr hoher Preis ($400 aufwärts)
- schlecht verfügbar

Das Absuchen eines weiten Frequenzbereiches scheint auf den ersten Blick als grosser Vorteil. Schaut man jedoch genauer hin, so dauert das Scanning ungefähr 6 Sekunden, was für einen Einsatz beim Fahren im Auto zu lange ist. Genau für diesen Einsatz soll das System jedoch entworfen werden. Während dieser Zeit werden bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h bereits ca. 80 Meter zurückgelegt und die Wahrscheinlichkeit, dass man so einige Kameras verpasst, ist gross. Beim Absuchen der Frequenzen verpasst man zwingendermassen einige Signale, da der Empfangskanal fortlaufend wechselt. Am besten wird ein solcher Scanner für Untersuchungen direkt vor Ort eingesetzt oder wenn der Benutzer sich nur langsam bewegt.



Abbildung 15: Mini Wireless Cam Hunter [64]

Bei ersten eigenen Warviewing-Fahrten des Kassensturzes im Jahr 2010 wurde ein solcher Scanner eingesetzt. Der Vorgang wurde jedoch aufgrund eines unbenutzbaren Scanners [57] abgebrochen und das Gerät zurückgeschickt.

Weitere Informationen zu solchen Geräten sind unter den Links [59]-[65] zu finden. Einige Geräte sehen sehr ähnlich aus und sind vermutlich vom selben Hersteller. Da genauere Angaben jedoch fehlen und jeder Verkäufer das Produkt anders benennt, ist eine genaue Aussage dazu schwierig.

Aufgrund der verpassten Signale während des Absuchens der Frequenzen und des hohen Preises sind diese Geräte nicht geeignet im Rahmen dieser Arbeit.

4. Bilderkennung

Die von den Video-Funksystemen übertragenen Videosequenzen bestehen aus ca. 24 Einzelbildern pro Sekunde. Aus allen mit dem Empfänger aufgezeichneten Einzelbildern müssen jene herausgefiltert werden, welche erkennbare Bildinhalte und nicht nur Rauschsignale oder Störungen sind: Es geht um die Unterscheidung von Videobild (erkennbares Bild) und Rauschbild.

Für den komfortablen Einsatz des Hunting-Systems muss eine solche Entscheidung automatisiert werden, da sonst eine Person alle empfangenen Bilder beurteilen müsste. Bei ersten Testfahrten wurde dies so gemacht, doch die Aufmerksamkeit und die Aufnahmefähigkeit lassen schnell nach, vor allem wenn über längere Zeit keine Videosignale entdeckt werden. Ein weiterer Nachteil dieser manuellen Bildauswertung liegt in der eher groben zeitlichen Auflösung des menschlichen Auges. Bei einer nachträglichen genaueren Auswertung des Bildmaterials konnte ein Videosignal entdeckt werden, dass während der Fahrt nicht entdeckt worden war, da das Videosignal nur während zehn Bildern resp. einer halben Sekunde zu sehen war. Der Mensch ist jedoch besser im visuellen Beurteilen der Bilder als eine Software, da dies zu seinen täglichen Aufgaben gehört und er den Bildern auch direkt eine Bedeutung zuordnen kann. Einer Software muss diese Fähigkeit erst beigebracht werden.

Um die Klassifizierung der Bilder automatisch durchführen zu können, müssen verschiedene Informationen aus den Bildern berechnet werden. Wie sich bei einer ersten Analyse zeigte, reichen ein bis zwei Werte nicht aus für eine Klassifikation der Bilder, da sich die Bilder stark unterscheiden. So gibt es das Rauschen in ganz verschiedenen Ausprägungen und die Videobilder variieren ebenfalls je nach aufgenommenem Bereich (Beispiele in Kapitel 4.1, Bildklassen).

Die einzelnen Schritte für die Bestimmung eines Algorithmus, der die Klassifizierung der Bilder durchführt, sind wie folgt:

- Manuelle Auswahl von möglichen Bildwerten aufgrund von logischen Überlegungen und experimentieren mit verschiedenen Algorithmen eines Bildverarbeitung-Frameworks
- Berechnung aller Bildwerte über eine grosse Menge von manuell klassifizierten Testbildern
- Einsatz von Data Mining zum Finden der optimalen Kombination von Bildwerten sowie die konkreten Schwellwerte für eine automatische Detektion der Videobilder
- Programmieren eines Algorithmus anhand der Data Mining-Resultate

In den folgenden Abschnitten wird das genaue Vorgehen betrachtet und erklärt, welche Werte pro Bild für die Klassifizierung berechnet werden und wie diese Bildwerte ausgesucht wurden. Anhand von Beispielbildern werden die unterschiedlichen Ausprägungen der Bildwerte beim Rauschen und beim Videobild aufgezeigt.

Im Kapitel Data Mining wird näher darauf eingegangen, wie die Gesamtheit der berechneten Bildwerte analysiert wurde und daraus schlussendlich ein Entscheidungsbaum für die Erkennung der Videobilder resultierte. Es werden auch andere Vorgehensweisen aufgezeigt, welche zu Beginn evaluiert, aber nicht weiter verfolgt wurden.

4.1. Bildklassen

Das Hunting-System muss wie zuvor beschrieben die empfangenen Bilder wie folgt in zwei Klassen einteilen (für Beispielbilder siehe nächste Zwischentitel):

- Klasse 0: Rauschbild (Rauschen, Störsignal oder blaues Bild, es ist nichts zu erkennen)
- Klasse 1: Videobild (erkennbares Bild, egal ob etwas direkt identifiziert werden kann oder ob nur etwas erahnt werden kann)

Das Rauschen und die blauen Bilder wurden zu einer Kategorie zusammengefasst, damit beim Data Mining nicht versucht wird, Unterschiede zwischen Rauschen und blauen Bildern zu finden. Denn diese Unterschiede sind nicht relevant im Rahmen dieser Arbeit (für weitere Ausführungen siehe Kapitel 4.2.7, Blauanteil).

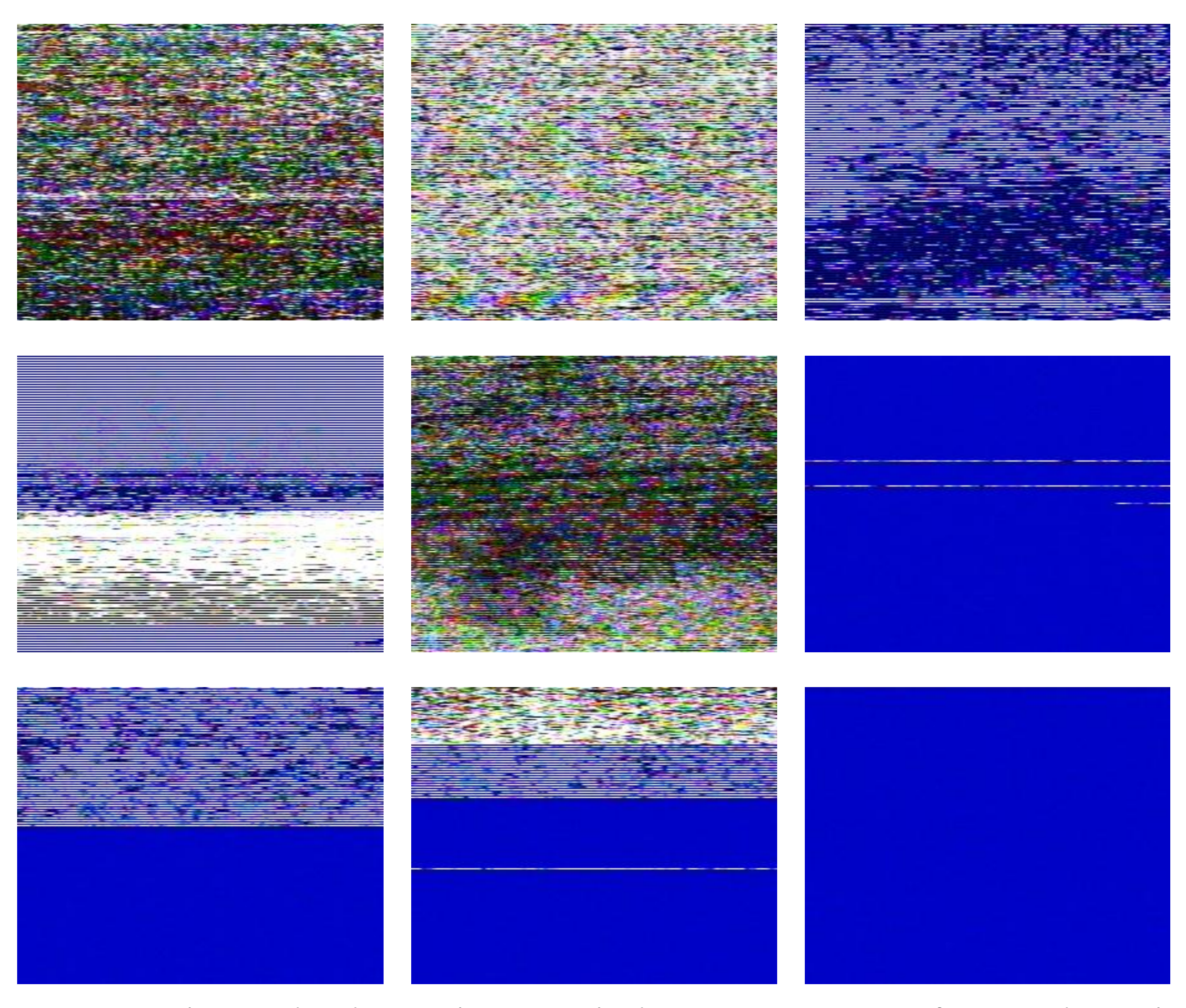
In der Klasse 1 (Videobild) wären je nach Qualität bzw. Klarheit des Videobilds (wie gut ein Gegenstand und dessen Konturen/Kanten erkannt werden können) mehrere Unterkategorien denkbar. Durch diese feinere Einteilung dürfte ein Entscheidungsbaum jedoch komplizierter und aufwendiger werden, da sich die Bilder sehr gleichen und deshalb vermutlich mehr Bildwerte berechnet und verglichen werden müssten. Dies würde zu einem höheren Rechenaufwand führen, was sich negativ auf die Leistungsfähigkeit des Systems auswirken würde.

Es ist wichtig, dass die Entscheidung, ob ein Bild verworfen (Rauschbild) oder abspeichert (Videobild) wird, möglichst schnell erfolgt. Die Geschwindigkeit ist deshalb relevant, da 24 Gesamtbilder à vier Teilbilder, also insgesamt 100 Bilder (vgl. Kapitel 3.2, Eingesetzter Empfänger), pro Sekunde analysiert werden müssen. Die Auswertung der Bilder ist direkt während der Erfassungsfahrt gewünscht, da man bei einer Detektion direkt vor Ort genauer nachforschen möchte. Denkbar wäre jedoch eine nachträgliche genauere Klassifizierung der Bilder, wenn die Zeit nicht mehr so kritisch ist wie während der Aufzeichnung.

Von ersten Testfahrten wurden Videos mit dem Inhalt der drahtlosen Videoübertragungen aufgezeichnet, welche anschliessend in die einzelnen Bilder aufgesplittet wurden. Von total rund 170'000 aufgezeichneten Bildern wurden ca. 7000 manuell per Auge klassifiziert, spricht als Rauschbild (Klasse 0) oder Videobild (Klasse 1) eingestuft.

Nachfolgend werden die beiden Bildklassen anhand von Beispielbildern präsentiert, damit man sich einen besseren Eindruck verschaffen kann.

Klasse 1: Rauschbild (oder blaues Bild)



Es ist gut zu erkennen, dass das Rauschen in verschiedenen Ausprägungen empfangen wird. Je nach Störung des Funksignals können sich spezielle Muster oder Strukturen in den Rauschbildern ergeben, womit die Bilder für den Algorithmus schwieriger als Rauschbilder zu erkennen sind. Die Vermeidung von Falscherkennungen ist bei dieser Aufgabe sehr wichtig, da der Benutzer des Systems sonst mit falschen Videosignal-Detektionen überflutet wird und die tatsächlichen Funde in der Menge untergehen.

Klasse 2: Videobild



Dass sich die Videobilder sehr stark unterscheiden ist offensichtlich, da unterschiedliche Bereiche von den Kameras aufgezeichnet werden. Je nach Qualität des Funksignals sind die Videobilder jedoch stark verrauscht, können aber von Auge doch noch klar als Videobild erkannt werden. Wenn solche verrauschten Bilder vom Algorithmus als Rauschbilder erkannt werden, ist dies weniger tragisch als umgekehrt, wenn Videobilder als Rauschbilder erkannt werden. Dies aufgrund dessen, da von einer Videoquelle oft mehrere Bilder aufgezeichnet werden können und es nicht tragisch ist, wenn einzelne davon verworfen werden. Im schlimmsten Fall werden nur Videosignale mit sehr schlechtem Empfang gänzlich verworfen, jedoch nicht jene mit gutem Empfang.

4.2. Bildwerte

In diesem Kapitel geht es um die verschiedenen Werte, welche für die Klassifizierung der Bilder durch den Algorithmus berechnet werden (Bildwerte). Dabei wird anhand von Beispielbildern aufgezeigt, inwiefern diese Werte für eine Unterscheidung der beiden Bildklassen relevant sind. Für die Berechnung der Bildwerte wurden keine eigenen Algorithmen entwickelt, sondern bereits verfügbaren Algorithmen des Bildverarbeitungs-Frameworks AForge.NET [71] verwendet. Details zum Framework und Überlegungen zu dessen Auswahl werden im Kapitel 5.4 (Technologieauswahl) beschrieben.

Die folgenden manuell ausgewählten Bildwerte wurden über alle Testbildern berechnet und die daraus gewonnene Datenmenge fürs Data Mining genutzt. Auf diesen Prozess wird im Kapitel 4.3.2.2 (Berechnung der Bildwerte) eingegangen.

Bei diesem Kapitel handelt es sich um eine qualitative Beschreibung der Bildwerte. Die quantitative Auswertung, sprich wie relevant ein bestimmter Bildwert ist und welche konkreten Wertausprägungen entscheidend sind für eine Bildklasse, wird durch das Data Mining bestimmt (siehe Kapitel 4.4, Algorithmus). Dort ist auch ersichtlich, welche Aussagekraft die Bildwerte haben.

Das Histogramm

Nachfolgend wird mehrmals der Begriff Histogramm verwendet, weshalb dieser hier für ein besseres Verständnis der Grafiken kurz erklärt wird. Zusätzliche und detailliertere Informationen zum Histogramm können unter [66] gefunden werden. Grundsätzlich sieht ein Histogramm wie folgt aus:

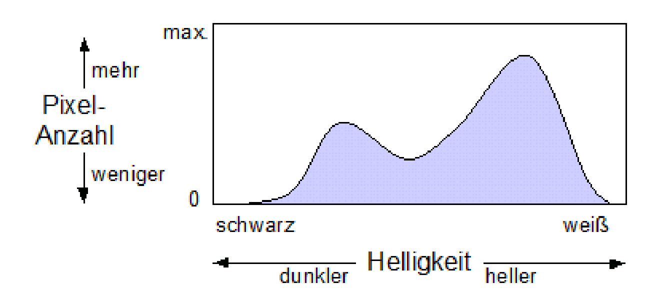


Abbildung 16: Beispiel-Histogramm [66]

Es handelt sich hierbei um die grafische Darstellung einer Häufigkeitsverteilung. Bei Bildern ist das die Häufigkeitsverteilung von Pixelhelligkeiten. Abgelesen können die folgenden Aussagen:

- Vertikal: Häufigkeit der Werte (Anzahl an Werten mit derselben Ausprägung)
- Horizontal: Helligkeitswert
    - links: dunkle Werte
    - rechts: helle Werte

Bei den Bildwerten, welche aus einem Histogramm berechnet werden, gelten folgende Genauigkeiten:

- Standardabweichung relativ: gerundet auf 1 Stelle
- Standardabweichung absolut: gerundet auf Ganzzahl
- Standardabweichung relativ: Standardabweichung geteilt durch Mittelwert

Umwandlung in Graustufenbild

Bei der Berechnung einiger Bildwerte wird das Ausgangsbild zuerst in ein Graustufenbild umgewandelt. Die Umwandlung ist nötig, da die entsprechenden Algorithmen entweder ein Graustufenbild als Eingabe verlangen oder weil die Berechnung auf einem Graustufenbild schneller und einfacher ist, als wenn noch alle Farbinformationen vorhanden wären. Folgende Bildwerte verwenden ein Graustufenbild:

- Horizontale Intensität
- Vertikale Intensität
- Eckenerkennung
- Grauwerte
- Kantenerkennung

Bei den anderen Bildwerten wird direkt mit dem Farbbild gerechnet. Für die Umwandlung des Bildes wird der Algorithmus BT709 [68] des AForge.NET Bildverarbeitung-Frameworks [71] genutzt.

4.2.1. Horizontale Intensitäts-Statistik

Die „HorizontalIntensityStatistics“-Klasse [72] von AForge.NET berechnet die horizontale Verteilung der Pixelintensitäten eines Bilds. Diese Informationen können genutzt werden für die Lokalisierung von Objekten. Da Objekte nur in Videobildern vorkommen und nicht im Rauschen, stellt diese Berechnung eine gute Entscheidungsgrundlage für die Bildklassifizierung dar.

Die Ausgabe des Algorithmus ist ein Histogramm wie untenstehend dargestellt. Wie im Beispielbild zu sehen ist, wird das Bild spaltenweise von links nach rechts analysiert.

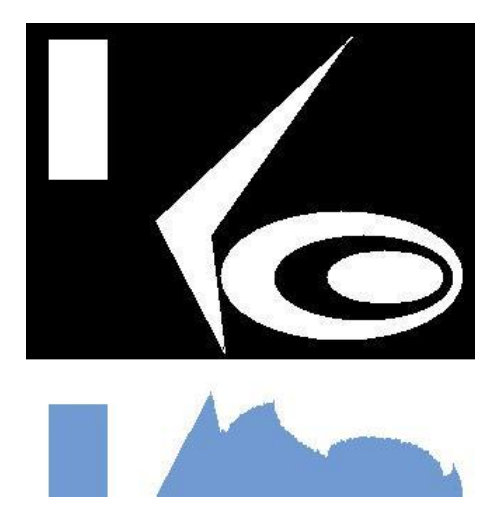


Abbildung 17: Beispielbild für Demonstration der horizontalen Intensitäts-Statistik [72]

Anhand der nachfolgenden Grafiken wird aufgezeigt, wie sich das Histogramm der horizontalen Intensität zwischen den beiden Bildklassen unterscheidet. Links sind jeweils die Ausgangsbilder zu sehen und rechts die zugehörigen Histogramme.

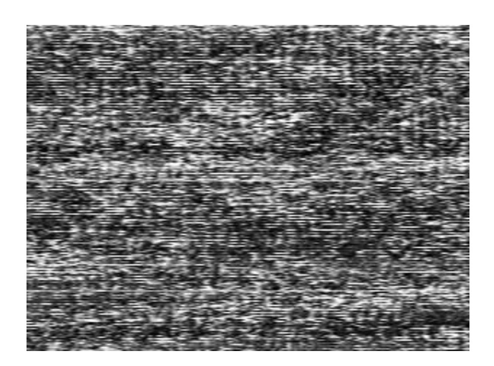


Abbildung 18: Rauschbild 1

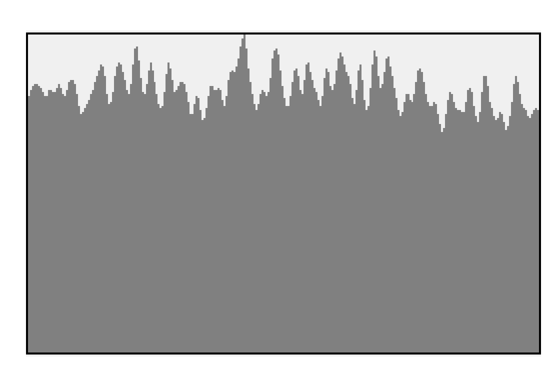


Abbildung 19: Horizontale Intensität des Rauschbild 1

Standardabweichung relativ: 7.2%
Standardabweichung absolut: 1648

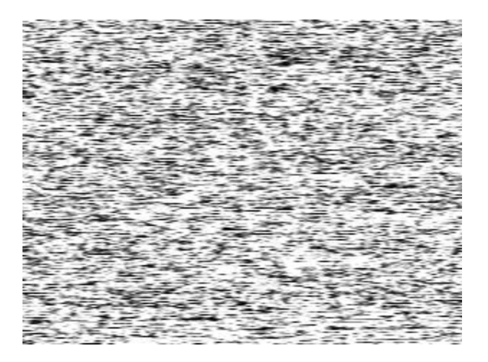


Abbildung 20: Rauschbild 2

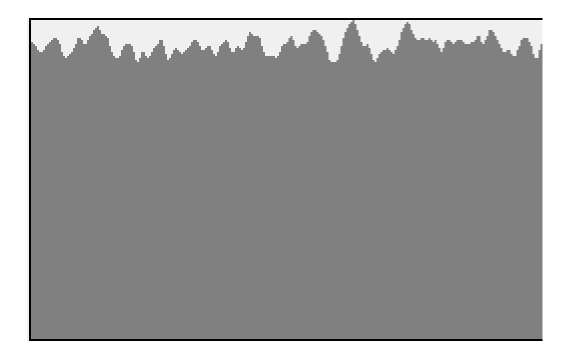


Abbildung 21: Horizontale Intensität des Rauschbild 2

Standardabweichung relativ: 2.9%
Standardabweichung absolut: 1213



Abbildung 22: Videobild

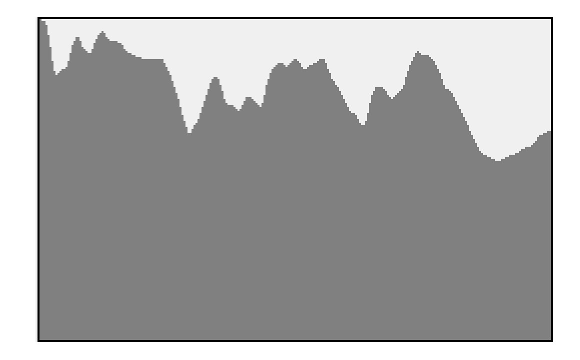


Abbildung 23: Horizontale Intensität des Videobilds

Standardabweichung relativ: 16.0%
Standardabweichung absolut: 5581

Da sich Histogramme schlecht vergleichen lassen, wurde jeweils die Standardabweichung der Häufigkeiten berechnet. Wie gut zu erkennen ist, ist im Rauschbild die Häufigkeit über alle Helligkeitswerte aufgrund der zufälligen Verteilung der Pixelintensitäten konstant hoch. Dies hat eine tiefe Standardabweichung (unter 10%) zur Folge hat. Beim Videobild sind jedoch markante Unterschiede im Kurvenverlauf ersichtlich, welche durch die hellen und dunklen Flächen zustande kommen. Diese Schwankungen können gut durch die Standardabweichung ausgedrückt werden, da diese für die

mittlere Abweichung vom Durchschnitt steht. Die Standardabweichung wurde relativ (in Prozent des Mittelwertes) sowie absolut berechnet. Ein absoluter Wert ist für den Bildvergleich aussagekräftig, da alle zu analysierenden Bilder gleich gross sind.

Im durch das Data Mining bestimmten Entscheidungsbaum steht die horizontale Intensität an oberster Stelle.

4.2.2. Vertikale Intensitäts-Statistik

Die „VerticalIntensityStatistics“-Klasse [73] von AForge.NET ist das Pendant zur „HorizontalIntensityStatistics“-Klasse, welche im vorangehenden Kapitel erläutert wurde. Sie berechnet die vertikale Verteilung der Pixelintensitäten eines Bilds. Diese können ebenfalls zur Lokalisierung von Objekten genutzt werden, welche in einem Rauschbild jedoch nicht vorkommen dürften.

Der Algorithmus betrachtet jeweils die Zeilen von oben nach unten, wie anhand des nachfolgenden Beispielbildes zu erkennen ist.

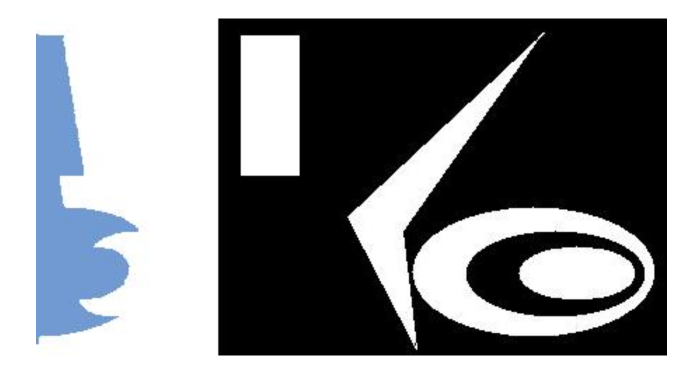


Abbildung 24: Beispielbild für Demonstration der vertikalen Intensitäts-Statistik [73]

Anhand der nachfolgenden Grafiken wird aufgezeigt wie sich das Histogramm der horizontalen Intensität zwischen den beiden Bildklassen unterscheidet. Links sind jeweils die Ausgangsbilder zu sehen und rechts die zugehörigen Histogramme.

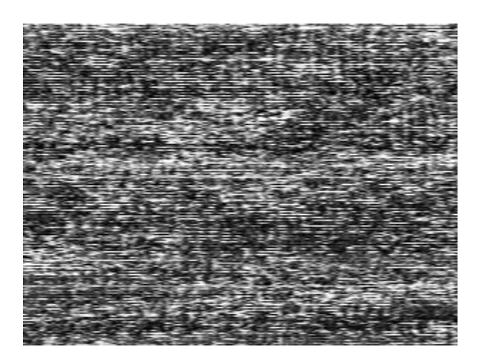


Abbildung 25: Rauschbild 1

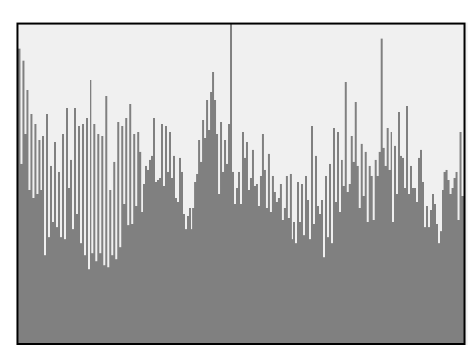


Abbildung 26: Vertikale Intensität des Rauschbild 1

Standardabweichung relativ: 27.1%
Standardabweichung absolut: 8441

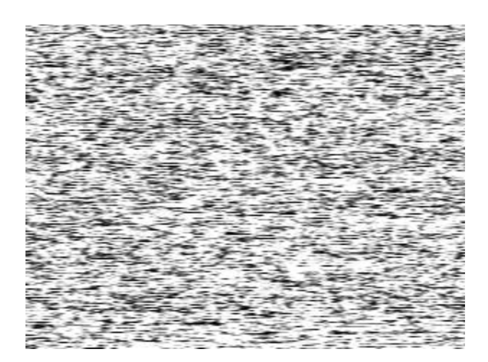


Abbildung 27: Rauschbild 2

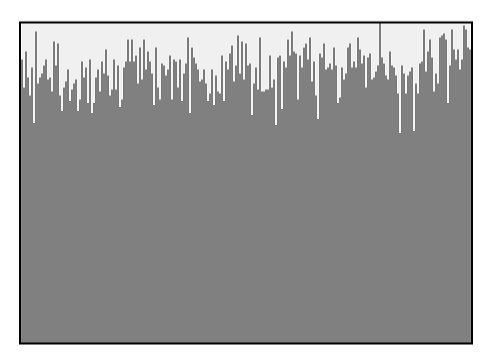


Abbildung 28: Vertikale Intensität des Rauschbild 2

Standardabweichung relativ: 7.9%
Standardabweichung absolut: 4537



Abbildung 29: Videobild

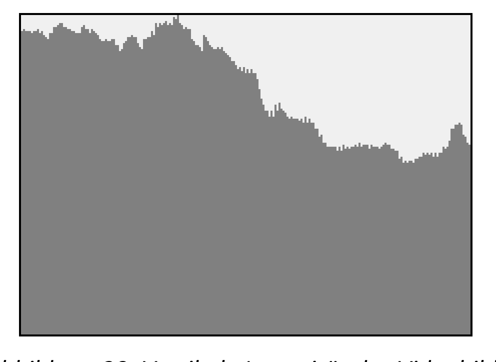


Abbildung 30: Vertikale Intensität des Videobilds

Standardabweichung relativ: 20.7%
Standardabweichung absolut: 9813

Die Auswertung der Histogramme der vertikalen Intensität erfolgt analog wie bei der horizontalen Intensität (siehe vorangehendes Kapitel).

Anhand der obenstehenden Grafiken kann erkannt werden, dass das Histogramm der vertikalen Intensität prinzipiell weniger aussagekräftig ist als jenes der horizontalen Intensität. Bei einer genaueren Betrachtung der Ausgangsbilder stellt sich heraus, dass im Rauschbild ab und zu in einer Zeile eine längere Reihe von Pixeln mit derselben Intensität auftritt (siehe Abbildung 31). Dies beeinflusst

den Algorithmus der vertikalen Intensität, da er das Bild Zeile für Zeile analysiert. Es treten dadurch im Histogramm ähnliche Schwankungen auf wie bei einem Videobild.

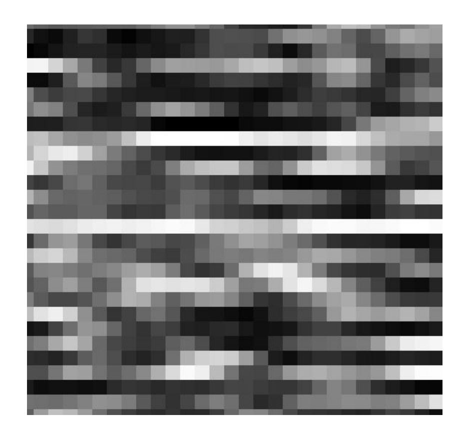


Abbildung 31: Bild mit längeren Reihen von hellen Pixeln in den Zeilen

Wie die horizontalen Streifen entstehen, wurde nicht weiter verfolgt. Es liegt jedoch die Vermutung nahe, dass die Bilder von den Funkkameras wie bei einem analogen Videosignal Zeile für Zeile übertragen werden. Wird nun die Funkübertragung gestört, so breitet sich die Störung über mehrere Pixel einer Zeile aus. Die analoge Funkübertragung der Bilder muss standardisiert sein, da die verschiedenen Kameras untereinander kompatibel sind (siehe Kapitel 2.5, Kompatibilität). Nach einem solchen Standard wurde nicht speziell gesucht, jedoch wurden bei der sonstigen Recherche zu den Funkkameras wurden auch keine Angaben dazu gefunden.

Im Algorithmus zur Unterscheidung der Bildklassen kommt die vertikale Intensität zwar vor, aber erst an vierter Stelle im Entscheidungsbaum, wogegen die horizontale Intensität direkt an oberster Stelle steht.

4.2.3. Grauwerte

Das Grauwert-Histogramm zeigt welche Grauwerte wie oft in einem Bild vorkommen. Die Idee hinter dieser Betrachtung ist, dass in einem Rauschbild die Grauwerte zufällig verteilt sein dürften und dies auch im Histogramm sichtbar ist.

Wie anhand der untenstehenden Histogramme der Beispielbilder erkannt werden kann, hebt sich jenes des Videobilds von den beiden anderen ab, wobei sich aber die Histogramme der Rauschbilder ebenfalls stark unterscheiden. Trotzdem wird die Standardabweichung des Grauwert-Histogramms im mittels Data Mining bestimmten Entscheidungsbaums verwendet.

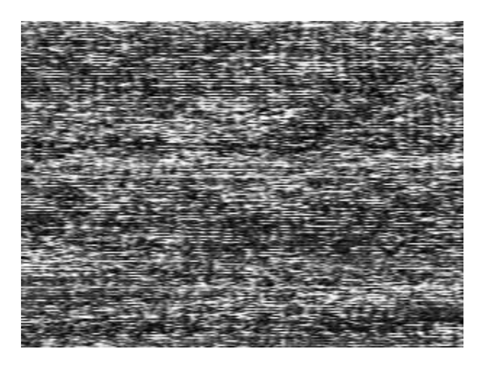


Abbildung 32: Rauschbild 1

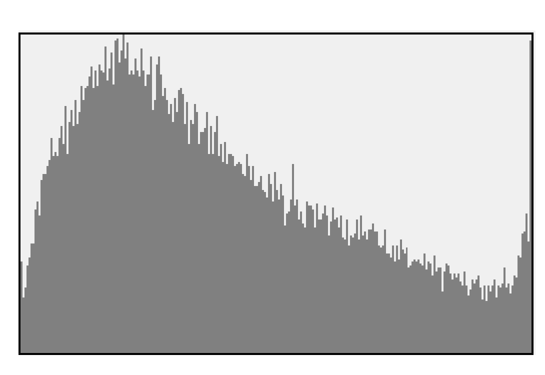


Abbildung 33: Grauwert-Histogramm des Rauschbild 1

Standardabweichung relativ: 45.1%
Standardabweichung absolut: 121

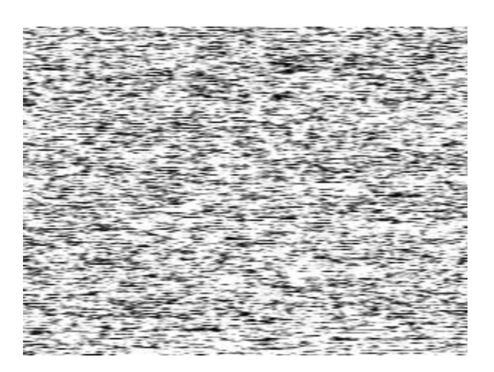


Abbildung 34: Rauschbild 2

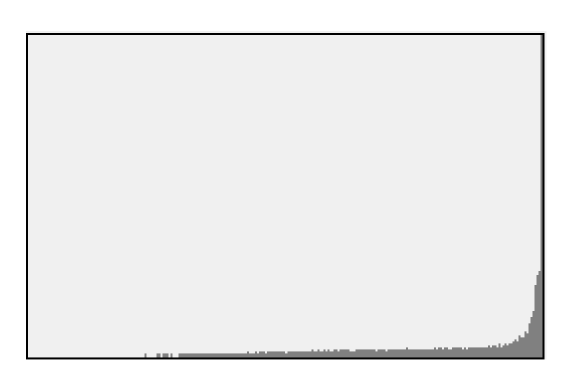


Abbildung 35: Grauwert-Histogramm des Rauschbild 2

Standardabweichung relativ: 230.0%
Standardabweichung absolut: 615



Abbildung 36: Videobild

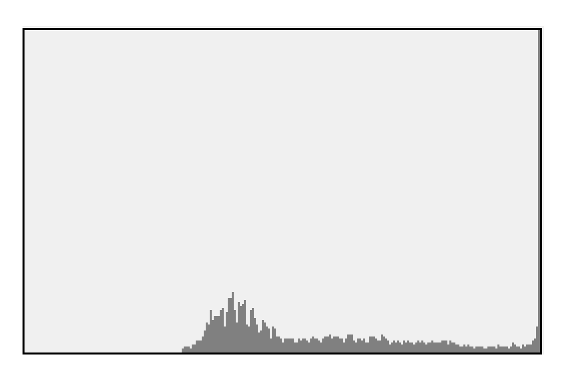


Abbildung 37: Grauwert-Histogramm des Videobilds

Standardabweichung relativ: 178.0%
Standardabweichung absolut: 477

4.2.4. Kantenerkennung

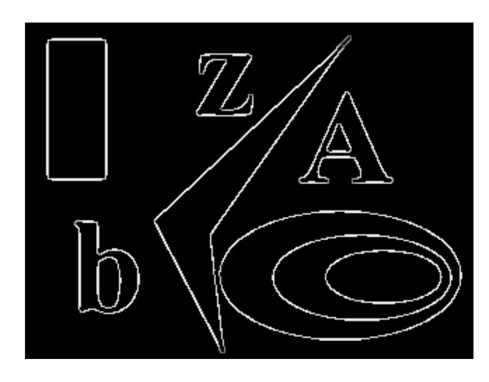
Bei der Kantenerkennung (engl. edge detection) wird nach Kanten von Objekten im Bild gesucht. Das Framework AForge.NET bietet vier verschiedene Algorithmen zur Kantendetektion an, wobei im Rahmen dieser Arbeit nur die Variante „Canny Edge Detection“ [74] oder kurz „Canny“ betrachtet

wurde. Bei diesem Algorithmus besteht die Möglichkeit, manuell einige Parameter einzustellen, was bei den anderen Kantenerkennungs-Algorithmen nicht der Fall ist. Auf Wikipedia [75] wird Canny als robuster Algorithmus zur Kantenerkennung beschrieben.

Die Kanten in einem Bild werden anhand grosser Helligkeitsunterschiede zwischen benachbarten Pixel gesucht. Zuerst werden jedoch mittels spezieller Transformationen des Bildes für ein besseres Resultat die grossen Helligkeitsunterschiede hervorgehoben.

Auf der AForge.NET-Website wird die Kantendetektion anhand der beiden folgenden Grafiken sehr beschaulich demonstriert.





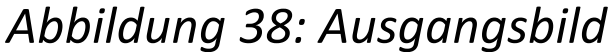


Abbildung 38: Ausgangsbild

Abbildung 39: erkannte Kanten in linken Bild

Für das Data Mining wurden die Parameter [76] des Canny-Algorithmus variiert, um die optimale Kombination der Parameterwerte für den Anwendungszweck in dieser Arbeit zu finden. Die Auswahl der besten Parameterwerte übernahm die Data Mining-Software Weka (siehe Kapitel 4.3, Data Mining).

Wie in der nachfolgenden Gegenüberstellung dreier Testbilder ersichtlich ist, werden in einem Rauschbild viel mehr Kanten erkannt als in einem Videobild. Dies hängt mit den oft wechselnden Helligkeiten im Pixelrauschen zusammen. Da es im Videobild zusammenhängende Flächen gibt, wurden dort bedeutend weniger Kanten gefunden.

Die Anzahl der detektieren Kanten in einem Bild wird vom Algorithmus leider nicht bekannt gegeben, sie werden lediglich in Form von weissen Linien bzw. Pixeln auf schwarzem Hintergrund eingezeichnet (siehe mittlere Bilder in der nachfolgenden Gegenüberstellung sowie Abbildung 39). Aus diesem Grund müssen weitere Algorithmen eingesetzt werden, um einen aussagekräftigen Bildwert zu erhalten. Dabei wurden zwei Varianten weiter verfolgt, welche jeweils das Resultat des Canny-Algorithmus als Ausgangsbild nehmen:

- *Anzahl der weissen Pixel bestimmen*
  Da die Kanten weiss eingezeichnet werden, hängt dieser Wert direkt mit der Anzahl Kanten zusammen.
- *Anzahl „Blobs“ berechnen*
  Eine „Blob-Analyse“ [77] [78] (engl. Klecks) dient zum Finden und Zählen von separaten Objekten. Es wird versucht möglichst grosse zusammenhängende Kleckse zu finden. Auf den beiden nachfolgenden Bildern ist das Resultat einer solchen Analyse zu sehen. Bei den Rauschbildern werden mehr Kleckse als im Videobild gefunden, da bei einem Rauschbild mehr „Kanten“ erkannt werden.



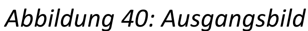

Abbildung 40: Ausgangsbild



Abbildung 41: gefundene Blobs eingefärbt

In der nachfolgenden Gegenüberstellung der Beispielbilder ist links das Ausgangsbild zu sehen und in der Mitte die darin erkannten Kanten. Das rechte Bild zeigt das Ergebnis der „Blob-Analyse" des mittleren Bildes. Für den Canny-Algorithmus wurden folgende Parameter gewählt: GaussianSigma 1, LowThreshold 0, HighThreshold 100.

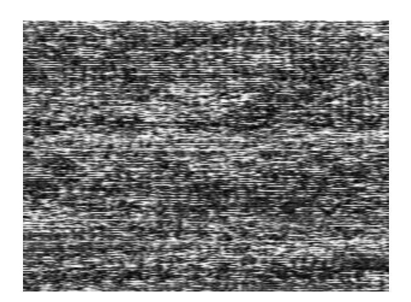


Abbildung 42: Rauschbild 1



Abbildung 43: erkannte Kanten
Anzahl weisse Pixel: 11'543



Abbildung 44: Blobs eingefärbt
Anzahl Blobs: 853

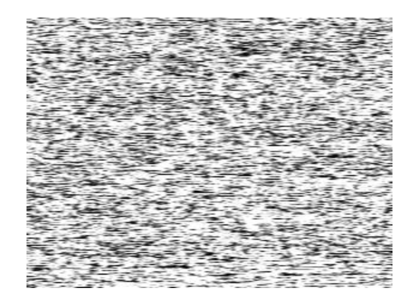


Abbildung 45: Rauschbild 2



Abbildung 46: erkannte Kanten
Anzahl weisse Pixel: 11'340

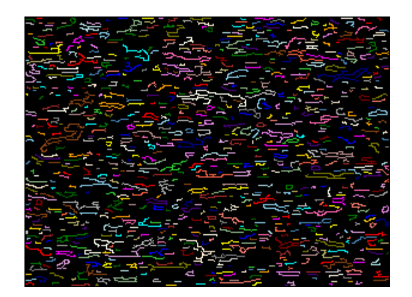


Abbildung 47: Blobs eingefärbt
Anzahl Blobs: 875



Abbildung 48: Videobild



Abbildung 49: erkannte Kanten
Anzahl weisse Pixel: 1812



Abbildung 50: Blobs eingefärbt
Anzahl Blobs: 84

Die Kantenerkennung wird im Entscheidungsbaum zweimal gebraucht für die Bildklassifizierung: einmal an zweiter und einmal vierter Stelle.

4.2.5. Eckenerkennung

Bei der Eckenerkennung (engl. corners detection) wird das ganze Bild nach möglichen Eckpunkten abgesucht. In Abbildung 52 sind die in diesem Bild vom Algorithmus erkannten Eckpunkte rot markiert. Für die Eckenerkennung existieren verschiedene Algorithmen, wobei hier nur die beiden im Framework AForge.NET [71] implementierten Algorithmen genutzt wurden: Moravec und SUSAN.



Abbildung 51: Ausgangsbild



Abbildung 52: Erkannte Eckpunkte [79]

Das Prinzip der Eckenerkennung funktioniert wie folgt: Es wird im ganzen Bild nach grossen Intensitätsunterschieden zwischen benachbarten Pixel resp. Pixel-Bereichen gesucht. Falls an einem Punkt der Intensitätsunterschied in mehreren Richtungen oberhalb eines gewissen Schwellenwertes liegt, wird dieser als Ecke erkannt. In Abbildung 53 wird beispielsweise der im Fadenkreuz ausgewertete Punkt als Ecke erkannt, weil die Bereiche 1, 2 und 3 gegenüber 4 eine unterschiedliche Intensität aufweisen.

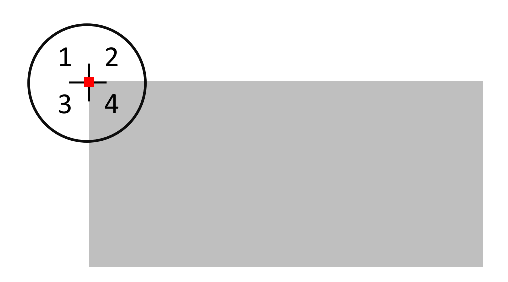


Abbildung 53: Intensitätsunterschiede

Bei der Klassifizierung der empfangenen Bilder ist die Eckenerkennung hilfreich, weil Rauschbilder aufgrund der zufälligen Pixelverteilung (siehe untenstehende Gegenüberstellung) mehr Ecken enthalten dürften als Videobilder.

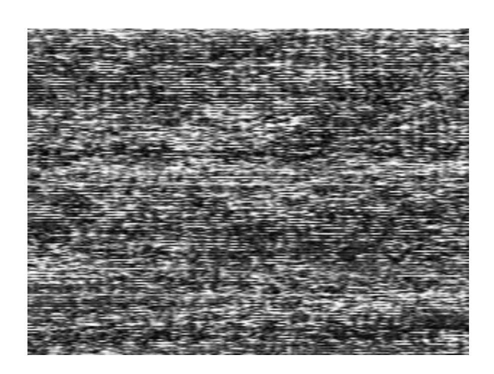


Abbildung 54: Rauschbild 1

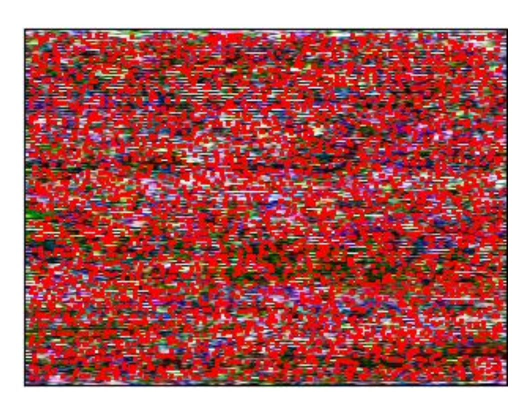


Abbildung 55: Ecken im Rauschbild 1
Anzahl Ecken: 3566

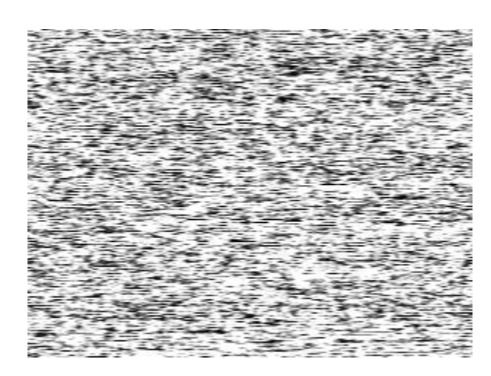


Abbildung 56: Rauschbild 2

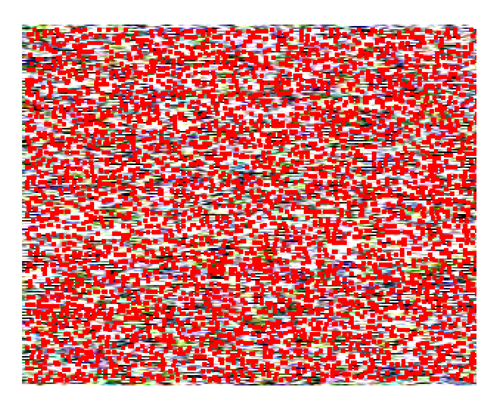


Abbildung 57: Ecken im Rauschbild 2
Anzahl Ecken: 3683



Abbildung 58: Videobild



Abbildung 59: Ecken in Videobild
Anzahl Ecken: 553

Im resultierenden Entscheidungsbaum kommt die Eckenerkennung mehrmals vor.

4.2.6. Bildkompression

Diesem Ansatz liegt die Idee zu Grunde, dass ein Rauschbild weniger gut komprimiert werden kann, als ein Videobild. Da bei einem Rauschbild die Pixel zufällig verteilt sind, kann die Korrelation benachbarter Pixel für die Kompression nicht genutzt werden. Vergleicht man den vergrösserten Aus-

schnitt des Videobildes (Abbildung 65) mit jenen der Rauschbilder (Abbildung 63 und Abbildung 61), so erkennt man die Korrelation der benachbarten Pixel im Videobild gut.

Weiterhin spielt auch die Anzahl Farben eine Rolle bei der Komprimierung. Bei den nachfolgenden Rauschbildern hat man auf den ersten Blick das Gefühl, es handle sich primär um verschiedene Graustufen bei den Pixeln. Zoomt man jedoch näher hinein (siehe nachfolgende Bilder), so erkennt man, dass das Rauschbild aus sehr vielen verschiedenen Farben besteht (siehe auch Tabelle 5). Je geringer die Farbanzahl ist, desto weniger Bits sind für das Speichern der Farbinformationen nötig.



Abbildung 60: Rauschbild 1



Abbildung 61: Zoom Rauschbild 1



Abbildung 62: Rauschbild 2



Abbildung 63: Zoom Rauschbild 2



Abbildung 64: Videobild



Abbildung 65: Zoom Videobild

Für die Kompression der empfangenen Bilder wurde das verlustbehaftete JPEG-Format mit der Standard Kompressionsrate von 75% verwendet [67].

Eigentlich sollte für den Bildwert die Dateigrösse des unkomprimierten Bildes mit jener des mittels JPEG komprimierten Bildes verglichen werden. Als Grundlage für das Data Mining lagen die Bilder

jedoch im verlustfreien PNG-Format vor und die JPEG-Komprimierung wurde ausgehend von der PNG-Version durchgeführt. Dies fiel erst nach Abschluss der Bilderkennungsarbeiten auf, als die Zeit für eine erneute Berechnung der Bildwerte zu knapp war. Deshalb wird auch in der Software im Bilderkennungs-Algorithmus das empfangene unkomprimierte Bild einerseits als PNG und andererseits als JPEG abgespeichert. Anschliessend werden diese Dateigrössen verglichen anstatt direkt die Grösse des unkomprimierten Bildes zu verwenden.

In der untenstehenden Tabelle sind die Kompressionsraten für die drei vorangehenden Beispielbilder aufgelistet.

Bild	**Kompressionsrate [%]**	**Anzahl Farben[1]**
Abbildung 60: Rauschbild 1	18.88	59‘975
Abbildung 62: Rauschbild 2	16.04	44‘175
Abbildung 64: Videobild	8.24	15‘399

Tabelle 5: Vergleich Kompressionsfaktor sowie Anzahl Farben

Die Kompressionsrate ist die Dateigrösse des komprimierten Bildes relativ zur Dateigrösse des unkomprimierten Bildes in Prozent (siehe Formel 1). Je kleiner diese Rate ist, desto besser konnte das Bild komprimiert werden.

$$Kompressionsrate\ [\%] = \frac{Dateigrösse\ komprimiertes\ Bild}{Dateigrösse\ unkomprimiertes\ Bild}$$

Formel 1: Kompressionsrate

Wie im Abschnitt oberhalb von Tabelle 5 erklärt, werden in dieser Anwendung die JPEG- und PNG-Dateigrössen verwendet anstatt nur die JPEG- und die unkomprimierte Bildgrösse. Somit lautet die konkrete Formel wie folgt:

$$Kompressionsrate\ [\%] = \frac{Dateigrösse\ JPEG}{Dateigrösse\ PNG}$$

Formel 2: Kompressionsrate konkret

Wie man in Tabelle 5 sehen kann, sind die Unterschiede beim Kompressionsfaktor und der Anzahl Farben gut ersichtlich. Bei anderen Bildern wurden ähnliche Zahlen berechnet. Die Kompressionsrate wird im Entscheidungsbaum an zweiter Stelle berechnet.

4.2.7. Blauanteil

Der eingesetzte Videoempfänger (siehe Kapitel 3.2, Eingesetzter Empfänger) liefert blaue Bilder, falls kein Synchronisationssignal für gewisse Bildzeilen erkannt wurde (siehe Kapitel 9.3.2, Bluescreen beim Empfänger). Es ist jedoch nicht nur ein Blauwert in diesem Bild festzustellen: In einem Beispielbild (siehe Abbildung 72) wurden 455 verschiedene Farben[2] gefunden.

[1] Bestimmt mit dem Programm XnView [70]: Menü: „Bild“ > „Verwendete Farben zählen“

Wie im Blauwert-Histogramm des blauen Bildes (Abbildung 72) ersichtlich ist, handelt es sich ein bestimmtes Intervall von Blauwerten, welche in einem blauen Bild vermehrt auftreten. Bei einer genaueren Analyse zeigte sich, dass dies die Blauwerte zwischen den Helligkeitswerten 190 und 210 sind. Addiert man nun alle Pixel, dessen Blauwert in diesem Bereich liegt, so kommt der „Blauanteil“ genannte Wert zustande. Anhand dieses Wertes könnten die blauen Bilder herausgefiltert werden. Wie bei den untenstehenden Bildern zu sehen ist, ist der Blauanteil beim blauen Bild sehr viel höher als bei den anderen Bildern.

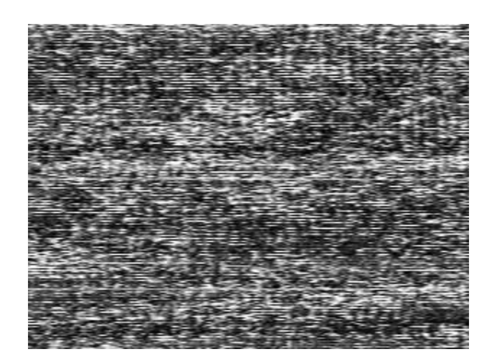


Abbildung 66: Rauschbild 1

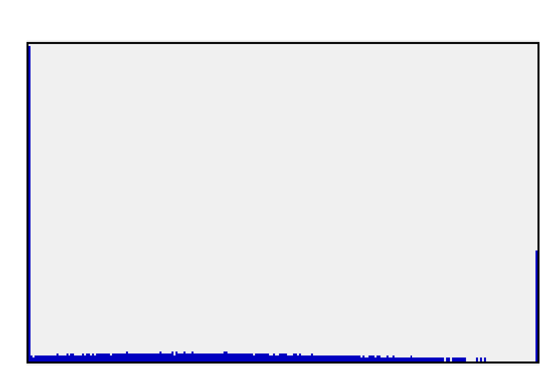


Abbildung 67: Blauwert-Histogramm des Rauschbild 1

Blauanteil: 3204

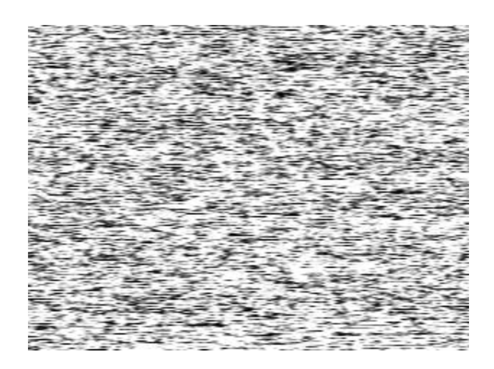


Abbildung 68: Rauschbild 2

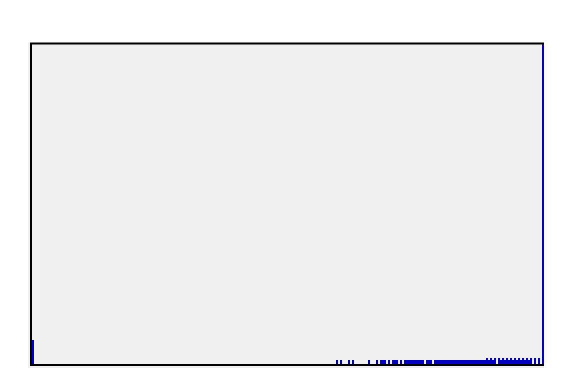


Abbildung 69: Blauwert-Histogramm des Rauschbild 2

Blauanteil: 5688



Abbildung 70: Videobild

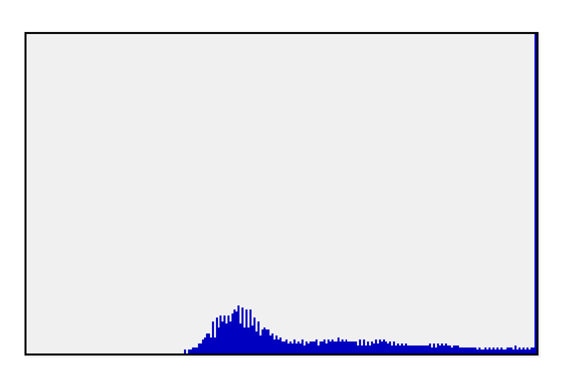


Abbildung 71: Blauwert-Histogramm des Videobilds
Blauanteil: 4841

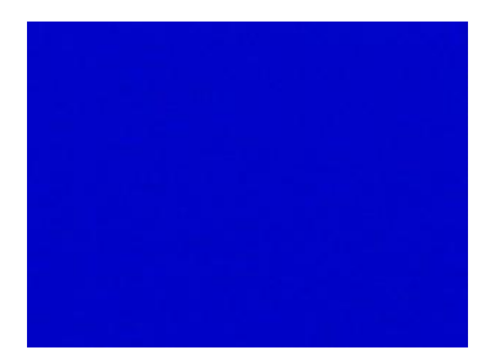


Abbildung 72: blaues Bild

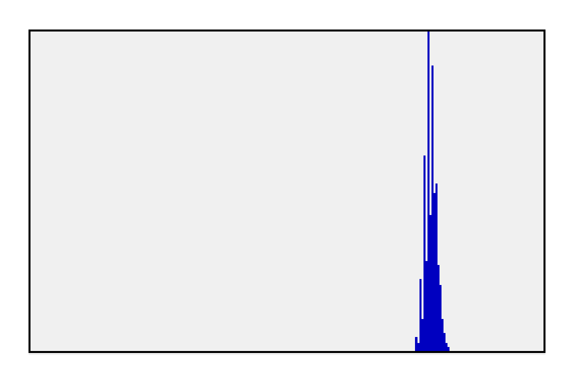


Abbildung 73: Blauwert-Histogramm des blauen Bildes
Blauanteil: 68'394

Im resultierenden Entscheidungsbaum kommt der Blauanteil nicht vor. Die Analyse dazu ist im Kapitel 4.4, Algorithmus) zu finden.

4.3. Data Mining

Um die Relevanz der im vorherigen Kapitel beschriebenen Bildwerte für die Separierung von Videobildern und Rauschbild zu bestimmen, wurde Data Mining verwendet. Unter Data Mining wird das Suchen von bisher unbekannten Mustern mittels statistisch-mathematisch begründeten Methoden in strukturierten Daten verstanden. Häufig wird Data Mining bei grossen Datenmengen angewandt, welche nicht mehr manuell analysiert werden können [80].

Im Rahmen dieser Arbeit war das Vorgehen folgendermassen: Es wurden rund 7000 Testbilder manuell per Auge in die definierten Bildklassen Videobild (Klasse 1) und Rauschbild (Klasse 0) eingeteilt, von diesen Bildern die Bildwerte berechnet und anschliessend mittels der Data Mining-Software "Waikato Environment for Knowledge Analysis" (Weka [81]) Muster in den Daten gesucht. Aus den gefunden Mustern wurde ein Entscheidungsbaum – bestehend aus den Bildwerten – generiert, welcher die automatische Klassifizierung von Bildern ermöglicht. In den folgenden Kapiteln sind diese einzelnen Schritte detaillierter beschrieben.

4.3.1. Grundlagen

Die an der neuseeländischen Universität von Waikato entwickelte Software Weka erlaubt Data Mining im kleineren Umfeld. Weka stellt eine Sammlung von Algorithmen für maschinelles Lernen und Data Mining bereit, die entweder direkt aus der Benutzeroberfläche auf eine Datenmenge angewendet oder aus Java-Code heraus aufgerufen werden können. Es sind beispielsweise Werkezeuge für die Datenvorverarbeitung, Klassifikation, Regression und Visualisierung enthalten [82]. Weka erfreut sich einer breiten Entwicklungsgemeinschaft und wird regelmässig aktualisiert. Jährlich erscheinen auch mehrere Arbeiten, welche im Zusammenhang mit dieser Software stehen [83].

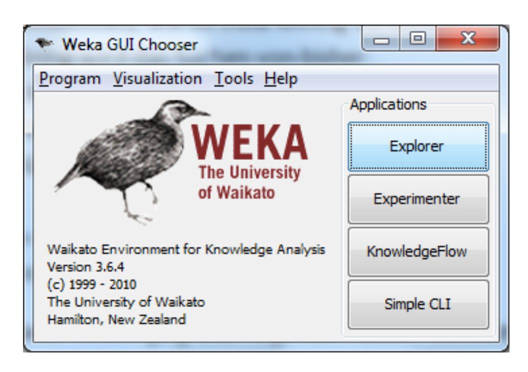


Abbildung 74: Data Mining-Software Weka

Weka beinhaltet eine Vielzahl an verschiedeneren Klassifizierungs-Algorithmen, total über 100. In den folgenden zwei Kapiteln wird nur auf den verwendeten Algorithmus J48 und die damit verbundene Kreuzvalidierung eingegangen. Dies ist als eine kurze Einführung zu verstehen, speziell für den Kontext dieser Arbeit. Eine allgemeine Einführung ins Weka und dessen Algorithmen kann im Dokumentations-Wiki gefunden werden [84].

4.3.1.1. C4.5- / J48-Algorithmus

Der C4.5-Algorithmus [85] zum Erzeugen von Klassifikationsmodellen (Entscheidungsbäumen) ist in Weka integriert und wird darin J48 genannt. Ziel dieses Algorithmus ist es einen Entscheidungsbaum aus der Basis der vorhandenen Datenmenge zu erzeugen, der den Wert des Zielattributes korrekt vorhersagt. Dabei muss keine binäre Aufteilung erfolgen, es können beliebig viele Verzweigungen eingebaut werden [82].

In Abbildung 75 ist ein Beispiel eines solchen Entscheidungsbaumes zu sehen, welcher versucht aus Bildwerten die Bildklasse vorauszusagen. Der Algorithmus hat dabei die für die Klassifikation relevanten Bildwerte in der vorhandenen Datenmenge erkannt und auch konkrete Entscheidungswerte für den entsprechenden Bildwert ermittelt.

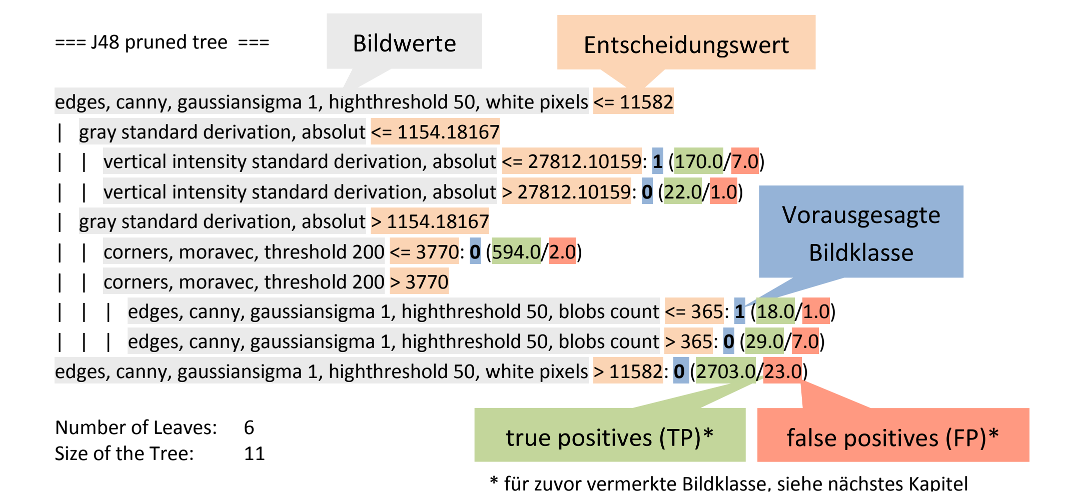


Abbildung 75: Beispiel Entscheidungsbaum

Die Wahl des Entscheidungsbaumes und des J48-Algorithmus für diese Arbeit ist auf die Diplomarbeit „Analyse zur automatischen Klassifizierung von Bildern" von Janina Bär zurückzuführen [82]. In der erwähnten Arbeit wird für die automatische Klassifikation auch auf J48-Entscheidungsbäume gesetzt. Entscheidungsbäume besitzen den entscheidenden Vorteil, dass diese in jeder Programmiersprache einfach umgesetzt und effizient abgearbeitet werden können.

Die Funktionsweise des J48-Algorithmus kann über viele Parameter angepasst werden. Eigene Testläufe haben gezeigt, dass im Zusammenhang mit der Bilderkennung von insgesamt 11 Parametern nur die Variation von den in Tabelle 6 aufgeführten Parametern zu einem zu einem optimaleren Entscheidungsbaum führt. Zu derselben Erkenntnis ist Janina Bär in ihrer Arbeit gekommen.

Parametername	**Beschreibung**	**Standardwert**	**Wertebereich**
confidenceFactor	Zufriedenheitsfaktor, welcher für das Beschneiden des Baumes verwendet wird. Kleinere Werte bedeuten stärkeres Beschneiden, womit der Entscheidungsbaum insgesamt kleiner wird. Damit nimmt jedoch auch die Genauigkeit der Voraussage ab.	0.25	$1 \times 10^{-7} - 1$
minNumObj	Minimale Anzahl von Instanzen in einem Blatt. Damit wird verhindert, dass nicht für jeden Spezialfall ein eigenes Blatt erstellt wird. Je grösser der Wert gewählt wird, desto mehr nimmt die Genauigkeit der Voraussage ab.	2	1 – 1‘000‘000‘000

Tabelle 6: Entscheidende J48-Parameter

4.3.1.2. Kreuzvalidierung

Ein mittels Data Mining erstelltes Modell (der Entscheidungsbaum) muss in jedem Fall noch validiert werden, damit eine Aussage zur Treffsicherheit des Modells gemacht werden kann. Unter Validierung versteht man den Vergleich des durch den Algorithmus berechneten Zielattributs mit der zuvor manuell getroffenen Klassifikation. Dies wird für alle Datensätze durchgeführt und das Modell anhand der Trefferquote (true positives und true negatives) und den Falscheinteilungen (false positives und false negatives) beurteilt.

Normalerweise ist in diesem Zusammenhang von einer Wahrheitsmatrix die Rede, welche die Genauigkeit eines Klassifikators bewertet [87]. Für die Bilderkennung in Rahmen dieser Arbeit sieht diese Matrix wie folgt aus:

	Bild ist ein Videobild	**Bild ist ein Rauschbild**
Einteilung als Videobild (Test positiv)	richtig positiv (true positive, TP)	falsch positiv (false positive, FP)
Einteilung als Rauschenbild (Test negativ)	falsch negativ (false negative, FP)	richtig negativ (true negative, TN)

Tabelle 7: Wahrheitsmatrix für die Bilderkennung

Das Ziel des Klassifikators ist ein Videobild zu finden, weshalb mit „positiv“ die Einteilung als Videobild gemeint ist. Dabei ist die obenstehende Matrix ein Spezialfall, welche nur gilt, wenn es nur zwei Klassen zu unterscheiden gibt. Da beim Data Mining mit Weka viele verschiedene Klassen möglich sind, berechnet Weka bei der Modellvalidierung jeweils nur die „true positives“ (TP) und die „false positives“ (FP) pro Klasse (siehe Abschnitt „Accuracy By Class“, Abbildung 76). Deshalb wird ab jetzt nur noch TP und FP verwendet.

Um korrekte Aussagen zum Modell zu erhalten, dürfen für die Validierung nicht dieselben Daten genommen werden, welche für das Training des Modells genutzt wurden. Es müssen neue Daten benutzt werden, welche der Algorithmus noch nicht kennt. Weka schlägt standardmässig vor, 66% der manuell klassifizierten Datenmenge für das Trainieren und 34% für das Validieren des Modells zu verwenden. Damit gehen aber 34% der Daten „verloren“, welche für eine weitere Verbesserung des Modells hätten verwendet werden können, falls sie für das Trainieren eingesetzt würden.

Die sogenannte Kreuzvalidierung bietet den Vorteil, dass alle Daten für die Bildung des Modells verwendet werden können und immer noch zuverlässig validiert werden kann. Zuerst wird das Modell mit 100% der Daten erstellt. Falls nun mit einem Teil dieser Daten validiert würde, käme eine trügerisch hohe Treffergenauigkeit heraus. Hier setzt die Kreuzvalidierung an.

Für die Kreuzvalidierung werden die Daten „gefaltet, was einer Unterteilung in mehrere Teilmengen gleichkommt. Häufig werden 10 Faltungen vorgenommen, die sogenannte 10-Fold-Kreuzvalidierung, wobei die Daten in 10 Teilmengen unterteilt werden. Anschliessend wird mit 9 Teilmengen ein Hilfs-Modell erstellt und mit einer Teilmenge normal validiert. Dieser Schritt wird weitere 9 Mal wiederholt, wobei jedes Mal eine andere Validierungsmenge verwendet wird. Die Genauigkeit wird dann aus dem Mittel aller 10 Validierungen berechnet. Die 10-Fold-Kreuzvalidierung wird als ein guter Indikator für Langzeitfehler angesehen [82] [86]. Dabei ist zu beachten, dass nicht das wirkliche Mo-

dell getestet bzw. validiert wird, welches mit 100% der Testdaten trainiert wurde, sondern lediglich die Hilfsmodelle. Alle Hilfsmodelle zusammen repräsentieren jedoch wieder das wirkliche Modell.

In Abbildung 76 ist als gekürztes Beispiel die Kreuzvalidierung des Modells aus Abbildung 75 zu sehen. Von insgesamt 3577 Instanzen wurden 3536 Instanzen durch das Modell korrekt klassifiziert, was 86.24% entspricht. Die pro Bildklasse richtig klassifizierten Instanzen werden als TP bezeichnet, die falsch klassifizierten als FP. In der Konfusionsmatrix ist die absolute Anzahl der richtig und falsch klassifizierten Instanzen zu sehen.

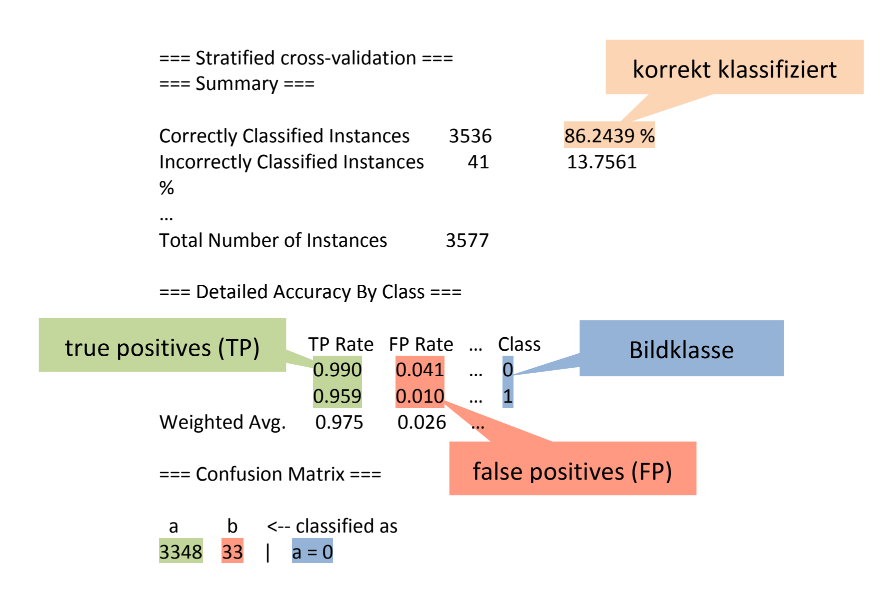


Abbildung 76: Beispiel Kreuzvalidierung

In dem Entscheidungsbaum in Abbildung 75 des vorherigen Kapitels sind die TP und FP ebenfalls gekennzeichnet. Darin lassen sich die beiden Werte pro Blatt herauslesen und allfällige „lokale“ Optimierungen vornehmen.

4.3.2. Datenvorbereitung

Damit ein Data Mining möglich ist, muss eine Datenbasis geschaffen werden und diese in ein für Weka verständliches Format gebracht werden. In den nächsten Kapiteln wird beschrieben wie die Daten erzeugt wurden: einerseits durch manuelle Bildklassifizierung und andererseits durch Berechnung der Bildwerte. Die Konvertierung von der entstehenden CSV-Datei in das von Weka geforderte ARFF-Dateiformat ist im Anhang in Kapitel 9.4.1 beschrieben.

4.3.2.1. Manuelle Bildklassifizierung

Mit dem Videoempfänger wurden Testaufnahmen erstellt und anschliessend davon die einzelnen Bilder exportiert. Für diese beiden Aufgabe wurde die Videosoftware VirtualDubMod [88] verwendet. Die exportierten Bilder wurden anschliessend manuell per Auge, sprich Bild für Bild, in die im Kapitel 4.1 (Bildklassen) definierten Klassen Videobild und Rauschbild eingeteilt. Dies ist nötig, damit die Data Mining-Software später weiss, zu welcher Bildklasse die berechneten Bildwerte gehören und entsprechend Muster erkannt werden können und eine spätere Validierung des Modells möglich ist (siehe Kapitel 4.3.1.2, Kreuzvalidierung).

Bei der Auswahl der Testbilder wurde darauf geachtet, dass ungefähr gleich viele Bilder der beiden Klassen ausgewählt resp. klassifiziert wurden. Insgesamt wurden 7047 Bilder klassifiziert, davon 3291 Video- und 3756 Rauschbilder. In Abbildung 77 ist diese Aufteilung grafisch zu sehen.

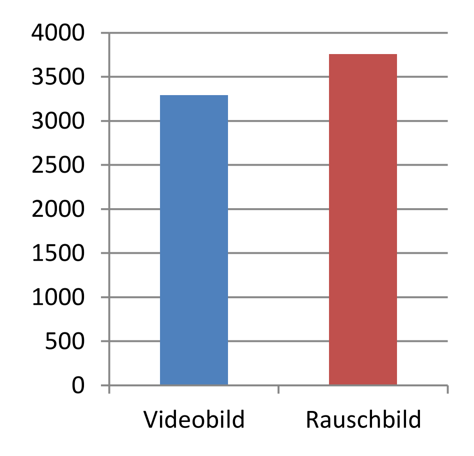


Abbildung 77: Anzahl klassifizierte Testbilder

4.3.2.2. Berechnung der Bildwerte

Als Datenbasis für das Data Mining dienen die im Kapitel 4.2 beschriebenen Bildwerte, welche für jedes manuell klassifizierte Testbild berechnet wurden. Dafür wurde die Software „FramesAnalyzer“ entwickelt, welche pro Testbild folgende Arbeit erledigt:

- Testbild einlesen
- Bildwerte des Testbilds berechnen
- Bildwerte in CSV-Datei abspeichern

Insgesamt wurden pro Testbild 74 Werte berechnet und anschliessend in eine CSV-Datei abgespeichert. In Abbildung 78 ist ein Ausschnitt dieser Datei in Tabellenform zu sehen, wobei einige Spalten für einen besseren Überblick ausgeblendet wurden. Die erste Spalte „id“ dient alleine der Identifikation des Bildes und ist für das Data Mining irrelevant. In der zweiten Spalte „manual classification“ wurde die wie gemäss Kapitel 4.3.2.2 bestimmte Bildklasse von Hand eingetragen, 0 für Rauschbild und 1 für Videobild. Die restlichen Spalten sind die vom FramesAnalyzer berechneten Werte. Die vollständige CSV-Datei ist auf der CD zu finden.

id	...	manual classification	horizontal intensity mean	...	vertical intensity mean	...	gray mean	...	corners, susan	...	corners, moravec, threshold 0	corners, moravec, threshold 100	corners, moravec, threshold 200	corners, moravec, threshol d 300	...	edges, canny, gaussiansigma 1, highthreshold 0, white pixels	edges, canny, gaussiansigma 1, highthreshold 0, blobs count	edges, canny, gaussiansigma 1, highthreshold 50, white pixels	edges, canny, gaussiansigma 1, highthreshold 50, blobs count	...
1		0	22995.934		31172.267		268.066		3527		3671	3671	3671	3671		23197	930	21854	623	
2		0	20267.4		27473.587		268.066		2235		6492	4173	4111	4051		19922	1031	10898	437	
3		1	34863.115		47258.889		268.066		93		4981	4946	4565	3803		21798	1124	16676	808	
4		0	22915.315		31062.982		268.066		3516		3675	3675	3675	3675		23115	987	21814	672	
5		0	11287.751		15301.173		268.066		1077		7450	1935	1906	1871		20111	867	6736	222	
6		0	23082.744		31289.942		268.066		2993		5578	5102	5059	5020		20954	867	18568	514	
7		0	22901.226		31043.884		268.066		3467		3629	3629	3629	3629		23200	960	21796	655	
8		0	11273.879		15282.369		268.066		1069		7478	1928	1891	1871		19939	855	6732	212	
9		0	3504.8459		4751.0133		268.066		0		8674	0	0	0		21191	653	21188	650	
10		0	22973.449		31141.787		268.066		3557		3662	3662	3662	3662		23167	954	21712	644	
11		0	12238.528		16590.004		268.066		1077		7646	1767	1741	1720		19791	899	5247	223	
12		1	34235.77		46408.489		268.066		500		5091	5073	4892	4469		21334	1123	2444	198	
13		0	24036.702		32583.084		268.066		3457		3641	3641	3641	3641		22990	903	21388	629	
14		0	10746.423		14567.373		268.066		2918		6452	6438	6405	6343		23182	805	17465	722	
15		0	10681.239		14479.013		268.066		927		7456	1550	1529	1509		19799	775	4810	171	
16		0	23994.8		32526.284		268.066		3489		3608	3608	3608	3608		23024	906	21621	613	
17		0	10727.731		14542.036		268.066		2907		6437	6426	6392	6338		23194	787	17596	715	
18		1	35689.269		48378.787		268.066		382		4966	4943	4651	4127		22028	1124	4064	274	
19		0	17240.967		23371.089		268.066		3281		3516	3516	3516	3516		23393	861	21601	606	
20		0	10331.367		14004.742		268.066		1327		7723	2536	2494	2459		20552	713	8182	162	
21		0	23978.37		32504.013		268.066		3501		3644	3644	3644	3644		23047	914	21371	614	
22		0	10706.715		14513.547		268.066		2929		6439	6431	6387	6343		23080	822	17915	711	
23		1	26498.508		35920.2		268.066		875		4372	3291	2720	2254		15767	926	5527	203	
24		0	10734.121		14550.698		268.066		2926		6448	6434	6401	6350		23200	771	17574	719	

Abbildung 78: Ausschnitt aus CSV-Datei

Die meisten Algorithmen, welche die Bildwerte berechneten, wurden nicht speziell parametrisiert und es wurde nur ein einzelner Wert berechnet, sprich nur eine Spalte erzeugt. Bei den Algorithmen für die Kanten- und Eckenerkennung wurden jedoch mehrere Parameter variiert, um die optimale Parameterkombination zu finden. Deshalb wurden für diese Algorithmen mehrere Spalten erzeugt. Beim Canny-Algorithmus (Kantenerkennung) wurde der Unschärfegrad [90] sowie der Grenzwert für den Intensitätsunterschied [91] in groben Schritten variiert. Beim Moravec-Algorithmus (Eckenerkennung) wurde nur der Grenzwert für den Intensitätsunterschied [92] – ebenfalls in groben Schritten – variiert.

Im Optimalfall würden jedoch alle Parameter aller Algorithmen in den kleinstmöglichen Schritten variiert und dann alle möglichen Parameterkombinationen berechnet werden. Dies ist jedoch aufgrund der vielen möglichen Parameterkombinationen nicht möglich. Nur schon beim Canny-Algorithmus wären insgesamt ca. 53 Mio. Parameterkombination möglich, welche pro Bild berechnet werden müssten. Auf alle Algorithmen übertragen, wären der Rechenaufwand und die resultierende Datenmenge kaum zu bewältigen. Deshalb wurden nur die oben genannten Parameter verändert und dies nur in groben Schritten. Eine Veränderung dieser Parameter zeigte die grössten Auswirkungen bei einem manuellen Test mit der Software IPLab[2] über eine Reihe von Testbildern.

4.3.3. Modellbildung

Für die korrekte Modellbildung müssen in Weka zuerst einige Einstellungen vorgenommen werden. Das vorherzugsagende Zielattribut muss auf die Spalte mit den manuellen Klassifizierungen gesetzt werden, die ersten beiden Spalten „id“ und „channel number“ sollen für die Modellberechnung nicht beachtet werden und als Klassifizierer muss der J48-Algorithmus ausgewählt werden. Diese Schritte sind detaillierter im Anhang im Kapitel 9.4.2 (Konfiguration des Klassifizierers) beschrieben.

[2] siehe Kapitel 5.4 (Technologieauswahl), Abschnitt Bildverarbeitungs-Framework

Parameter-Analyse

Damit ein möglichst optimales Modell gefunden wird, wurde mit verschiedenen Parameter-Kombinationen des J48-Algorithmus eine Vielzahl an Modellen erzeugt. Auf die Darstellung aller Modelle (Entscheidungsbäume) wurde aufgrund von Platzgründen verzichtet, wobei das in Tabelle 9 ausgewählte Modell in Abbildung 79 zu sehen ist. In Tabelle 8 sind die wichtigsten Kennzahlen aller erzeugten Modelle gelistet, bei welchen jeweils die Parameter „confidenceFactor" und „minNumObj" in einer groben Auflösung variiert wurden (siehe Kapitel 4.3.1.1).

confidenceFactor	minNumObj	korrekt klassifiziert	FP Rate von Bildklasse 1	Baumgrösse
1	5	98.6519 %	0.010	71
1	15	98.2971 %	0.010	33
1	25	97.9991 %	0.018	23
1×10^{-3}	5	98.4107 %	0.009	29
1×10^{-3}	15	98.1411 %	0.011	21
1×10^{-3}	25	97.9708 %	0.015	17
1×10^{-7}	5	98.2404 %	0.008	27
1×10^{-7}	15	98.0701 %	0.010	21
1×10^{-7}	25	97.9282 %	0.014	17

Tabelle 8: Parameter-Analyse des J48-Algorithmus, grob

Die prozentuale Anzahl korrekt klassifizierter Instanzen ist ein wichtiges Gütekriterium für das jeweilige Modell, wobei die false positive Rate (FP Rate) von der Bildklasse 1 (Videobild) noch wichtiger ist (siehe Kapitel 4.3.1.2 und Tabelle 6). Die FP Rate gibt an, wie viele Rauschbilder durch dieses Modell fälschlicherweise als Videobilder erkannt wurden und somit zu einer Fehldetektion führen. Umgekehrt ist es weniger gravierend, falls einmal ein Videobild fälschlicherweise durch das Modell als Rauschbild erkannt wird. Eine Detektion wird zwar nicht ausgelöst, jedoch ist zu erwarten, dass noch weitere Videobilder empfangen werden und später eine Detektion ausgelöst wird.

Für die spätere Umsetzung des Modells in Programmcode und dessen Leistungsfähigkeit ist die Baumgrösse relevant. Unter Baumgrösse wird die gesamte Anzahl von Knoten inklusive der Blätter verstanden. Je grösser der Baum ist, desto mehr Verzweigungen existieren. Dadurch nimmt die Anzahl zu berechnender Bildwerte zu und somit die Leistungsfähigkeit des Modells ab. Da vom Videoempfänger rund 100 Bilder pro Sekunde (24bps $\times$ 4 Kanäle) anfallen, ist die Geschwindigkeit eine nicht zu vernachlässigende Kennzahl des Modells.

Die Kennzahlen der verschiedenen Modelle in Tabelle 8 liegen alle recht nahe auseinander. Es wurde das rot markierte Modell ausgewählt, welches mit einem „confidenceFactor" von 1×10^{-7} und „minNumObj" von 15 berechnet wurde. Dieses Modell weist mit 98.0701 % korrekt klassifizierter Instanzen eine mittlere Güte aus verglichen mit den anderen, hat jedoch die tiefste FP Rate für diese Baumgrösse. Es stellt somit den besten Kompromiss zwischen Leistungsfähigkeit und Voraussagegenauigkeit dar. Wie sich herausstellte, ist ein „confidenceFactor" von 1×10^{-7} für die Bilderkennung optimal. Deshalb wurden weitere Modelle nur noch mit der Variation des Parameters „minNumObj" erzeugt, wobei nur noch Werte um 15 untersucht wurden. In der Tabelle 9 sind die Kennzahlen dieser neu erzeugten Modelle aufgelistet.

confidenceFactor	minNumObj	korrekt klassifiziert	FP Rate von Bildklasse 1	Baumgrösse
1×10^{-7}	12	98.1552 %	0.009	21
1×10^{-7}	13	98.2361 %	0.008	21
1×10^{-7}	14	98.0985 %	0.010	21
1×10^{-7}	15	98.0701 %	0.010	21
1×10^{-7}	16	97.9991 %	0.010	21

Tabelle 9: Parameter-Analyse des J48-Algorithmus, fein

In Tabelle 9 wurde das rot markierte Modell ausgewählt, welches mit „minNumObj" von 13 berechnet wurde. Dieses Modell ist in allen Kennzahlen besser als die anderen in der Tabelle. Damit ist die Parameter-Analyse abgeschlossen, der „confidenceFactor" von 1×10^{-7} und „minNumObj" von 13 stellen die optimalen J48-Parameter dar. Das ausgewählte Modell ist in Abbildung 79 zu sehen. Der Parameter „minNumObj" wurde noch weiter als in der Tabelle 9 aufgeführt variiert, jedoch zeigten sich keine Verbesserungen mehr in den Kennzahlen.

```
=== J48 pruned tree ===

horizontal intensity standard derivation - absolut <= 1956.218688
|   edges - canny - gaussiansigma 3 - highthreshold 0 - blobs count <= 1299
|   |   edges - canny - gaussiansigma 1 - highthreshold 100 - white pixels <= 1969
|   |   |   horizontal intensity standard derivation - absolut <= 919.119368: 0 (162.0/2.0)
|   |   |   horizontal intensity standard derivation - absolut > 919.119368: 1 (69.0/6.0)
|   |   edges - canny - gaussiansigma 1 - highthreshold 100 - white pixels > 1969: 0 (3120.0/43.0)
|   edges - canny - gaussiansigma 3 - highthreshold 0 - blobs count > 1299
|   |   horizontal intensity standard derivation - relative <= 3.744305: 0 (58.0)
|   |   horizontal intensity standard derivation - relative > 3.744305
|   |   |   edges - canny - gaussiansigma 3 - highthreshold 50 - blobs count <= 891: 1 (113.0/9.0)
|   |   |   edges - canny - gaussiansigma 3 - highthreshold 50 - blobs count > 891: 0 (14.0/1.0)
horizontal intensity standard derivation - absolut > 1956.218688
|   compression ratio - jpg png <= 16.11: 1 (3008.0/10.0)
|   compression ratio - jpg png > 16.11
|   |   corners - moravec - threshold 100 <= 5197
|   |   |   edges - canny - gaussiansigma 1 - highthreshold 100 - white pixels <= 2760: 1 (23.0/8.0)
|   |   |   edges - canny - gaussiansigma 1 - highthreshold 100 - white pixels > 2760: 0 (416.0/12.0)
|   |   corners - moravec - threshold 100 > 5197
|   |   |   corners - susan <= 2621: 1 (49.0)
|   |   |   corners - susan > 2621: 0 (15.0/4.0)

Number of Leaves  :   11
Size of the Tree :    21
```

Bildwert Canny

Blatt mit meisten TP für Bildklasse 0

Blatt mit meisten TP für Bildklasse 1

Abbildung 79: Modell nach Parameter-Analyse

Optimierungen

Das ausgewählte Modell aus Abbildung 79 besitzt einen entscheidenden Schwachpunkt: Bis zum Blatt mit den meisten TP für die Bildklasse 0 (Rauschbild) müssen 3 Entscheidungen getroffen werden, was der Berechnung von 3 Bildwerten entspricht. Da bei Erfassungsfahrten ein Grossteil der Bilder Rauschen sein dürfte, lohnt es sich aus Geschwindigkeitsgründen die Pfadtiefe bis zum Blatt mit den meisten TP für die Bildklasse 0 (Rauschbild) kurz zu halten. Da auf diesem Pfad zusätzlich zwei Mal der berechnungsintensive Canny-Algorithmus (Kantenerkennung) verwendet wird, lohnt es

sich ein Modell zu suchen, welches einen kurzen Pfad zum Blatt mit den meisten TP für die Bildklasse 0 aufweist.

Nach dem Ausschluss des ersten Canny-Bildwertes („edges - canny - gaussiansigma 3 - highthreshold 0 - blobs count“, Spalte-Nr. 65) bei der Konfiguration des J48-Algorithmus wurde ein Modell erzeugt, welches nicht mehr über die zuvor genannten Schwachpunkte verfügt. Das Blatt mit den meisten TP für die Bildklasse 0 (Rauschbild) ist via zwei Entscheidungen zu erreichen, wobei der berechnungsintensive Canny-Algorithmus nur einmal verwendet wird. Das optimierte Modell ist in Abbildung 80 zu sehen und die Kennzahlen davon in Tabelle 10. Die Kennzahlen haben sich zum vorherigen Modell sogar nochmals verbessert: Jetzt werden 98.3539 % korrekt klassifiziert und die FP Rate der Bildklasse 1 liegt bei 0.007. Dieses Modell weist eine genügend hohe Genauigkeit aus und wird für die Bilderkennung in der entwickelten Video-Hunting-Software verwendet.

confidenceFactor	**minNumObj**	**korrekt klassifiziert**	**FP Rate von Bildklasse 1**	**Baumgrösse**
1×10^{-7}	13	98.3539 %	0.007	21

Tabelle 10: Optimiertes Modell durch Ausschluss eines Canny-Bildwertes

```
=== J48 pruned tree  ===

horizontal intensity standard derivation, absolut <= 1956.218688
|  edges, canny, gaussiansigma 1, highthreshold 50, white pixels <= 11582
|  |  gray standard derivation, absolut <= 1154.18167
|  |  |  vertical intensity standard derivation, absolut <= 27812.10159: 1 (170.0/7.0)
|  |  |  vertical intensity standard derivation, absolut > 27812.10159: 0 (22.0/1.0)
|  |  gray standard derivation, absolut > 1154.18167
|  |  |  corners, moravec, threshold 200 <= 3770: 0 (594.0/2.0)
|  |  |  corners, moravec, threshold 200 > 3770
|  |  |  |  edges, canny, gaussiansigma 1, highthreshold 50, blobs count <= 365: 1 (18.0/1.0)
|  |  |  |  edges, canny, gaussiansigma 1, highthreshold 50, blobs count > 365: 0 (29.0/7.0)
|  edges, canny, gaussiansigma 1, highthreshold 50, white pixels > 11582: 0 (2703.0/23.0)
horizontal intensity standard derivation, absolut > 1956.218688
|  compression ratio, jpg png <= 16.11: 1 (3008.0/10.0)
|  compression ratio, jpg png > 16.11
|  |  corners, moravec, threshold 100 <= 5197
|  |  |  edges, canny, gaussiansigma 1, highthreshold 100, white pixels <= 2760: 1 (23.0/8.0)
|  |  |  edges, canny, gaussiansigma 1, highthreshold 100, white pixels > 2760: 0 (416.0/12.0)
|  |  corners, moravec, threshold 100 > 5197
|  |  |  corners, susan <= 2621: 1 (49.0)
|  |  |  corners, susan > 2621: 0 (15.0/4.0)

Number of Leaves  :   11
Size of the Tree :    21

=== Stratified cross-validation ===
=== Summary ===

Correctly Classified Instances      6931         98.3539 %
Incorrectly Classified Instances     116          1.6461 %
…
Total Number of Instances           7047

=== Detailed Accuracy By Class ===

                TP Rate  FP Rate   …  Class
                  0.993    0.027   …    0
                  0.973    0.007   …    1
Weighted Avg.     0.984    0.018   …

=== Confusion Matrix ===

    a      b    <-- classified as
 3729     27  |   a = 0
```

Blätter mit den meisten TP

Abbildung 80: Modell nach Optimierung

4.4. Algorithmus

Im Kapitel 4.3.3 wurde mittels Data Mining ein Modell erzeugt, welches die automatische Bildklassifizierung anhand von Bildwerten erlaubt. Dieses Modell wird im Folgenden als Algorithmus bezeichnet, welcher pro empfangenes Bild durchlaufen wird. Der Algorithmus besteht aus einem Entscheidungsbaum und sieht folgendermassen aus:

```
horizontal intensity standard derivation, absolut <= 1956.218688
|  edges, canny, gaussiansigma 1, highthreshold 50, white pixels <= 11582
|  |  gray standard derivation, absolut <= 1154.18167
|  |  |  vertical intensity standard derivation, absolut <= 27812.10159: Bildklasse Videobild
|  |  |  vertical intensity standard derivation, absolut > 27812.10159: Bildklasse Rauschbild
|  |  gray standard derivation, absolut > 1154.18167
|  |  |  corners, moravec, threshold 200 <= 3770: Bildklasse Rauschild
|  |  |  corners, moravec, threshold 200 > 3770
|  |  |  |  edges, canny, gaussiansigma 1, highthreshold 50, blobs count <= 365: Bildklasse Videobild
|  |  |  |  edges, canny, gaussiansigma 1, highthreshold 50, blobs count > 365: Bildklasse Rauschbild
|  edges, canny, gaussiansigma 1, highthreshold 50, white pixels > 11582: Bildklasse Rauschbild
horizontal intensity standard derivation, absolut > 1956.218688
|  compression ratio, jpg png <= 16.11: Bildklasse Videobild
|  compression ratio, jpg png > 16.11
|  |  corners, moravec, threshold 100 <= 5197
|  |  |  edges, canny, gaussiansigma 1, highthreshold 100, white pixels <= 2760: Bildklasse Videobild
|  |  |  edges, canny, gaussiansigma 1, highthreshold 100, white pixels > 2760: Bildklasse Rauschbild
|  |  corners, moravec, threshold 100 > 5197
|  |  |  corners, susan <= 2621: Bildklasse Videobild
|  |  |  corners, susan > 2621: Bildklasse Rauschbild
```

Verringerung der Fehldetektionsrate

Die statistische Genauigkeit des Algorithmus beträgt insgesamt 98.35%. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein empfangenes Videobild vom Algorithmus als Rauschbild erkannt wird, liegt bei tiefen 0.7% (FP Rate der Bildklasse 1). Dies erscheint auf den ersten Blick eine genügend hohe Genauigkeit für den Algorithmus zu sein. Wenn jedoch beachtet wird, dass etwa 100 Bilder pro Sekunde (bps, 24bps × 4 Kanäle) den Algorithmus durchlaufen, werden im Durchschnitt rund 2 Bilder pro Sekunde falsch klassifiziert (bei einer gewichteten FP Rate von 1.8%). Ungefähr eines davon würde fälschlicherweise als Videobild erkannt wird. Dies würde pro Sekunde einer Fehldetektion eines Videosignals gleichkommen.

Um dieser „hohen" Fehldetektionsrate entgegenzuwirken, müssen mehrere aufeinanderfolgende Bilder als Videobilder klassifiziert werden, um eine Detektion auszulösen. Der Schwellwert wurde aktuell auf 5 festgelegt, welcher jedoch in der Software verändert werden kann. Wenn nun weniger als 5 Videobilder aufeinander folgen, wird keine Detektion ausgelöst und diese Bilder verworfen. Es ist anzunehmen, dass bei effektiven Videosignalen mehr als 5 Videobilder nacheinander empfangen werden. Bereits wenn das Signal nur 1 Sekunde empfangen wird, passieren 24 Bilder den Algorithmus und es ist anzunehmen, dass davon weit mehr als 5 Bilder als Videobilder eingestuft werden (ausser der Empfang ist sehr schlecht und damit die Bilder sehr verrauscht). Eigene Tests haben eine deutliche geringere Fehldetektionsrate gezeigt, wobei keine effektiven Videosignale verpasst wurden.

Bei der Detektion eines Videosignals wird eine Videoaufzeichnung gestartet. Damit nicht bei einem als Rauschbild klassifiziertem Bild die Videoaufzeichnung beendet wird, wurde ein Schwellwert von

24 Rauschbildern eingeführt. Damit wird der Realität Rechnung getragen, da ein Videosignal selten ohne einzelne Rauschbilder empfangen wird. Die Videoaufzeichnung stoppt somit erst nachdem 24 aufeinanderfolgende Bilder als Rauschbild klassifiziert wurden.

Verwendete Bildwerte

Mit Ausnahme des Blauanteils wurden alle im Kapitel 4.2 (Bildwerte) erarbeiteten Bildwerte im Algorithmus verwendet. Den drei Bildwerten „Horizontale Intensität“, „Kantenerkennung“ (mit Canny-Algorithmus) und „Bildkompression“ ist im Vergleich zu den anderen Bildwerten eine höhere Aussagekraft für die Bilderkennung zu zuschreiben. Dies aufgrund der Gegebenheit, dass diese drei Bildwerte auf den Pfaden zu den Blättern liegen, welche am meisten Bilder klassifizieren (siehe Abbildung 80). Die restlichen Bildwerte sind für Feinunterscheidungen zuständig, wodurch die hohe Genauigkeit des Algorithmus erst erreicht wird.

Es ist anzunehmen, dass der Blauanteil im Algorithmus nicht verwendet wurde, weil die blauen Bilder für das Data Mining in die Bildklasse Rauschbild eingeteilt wurden. Es wurde keine separate Bildklasse geschaffen, da das Ziel der Bilderkennung die Unterscheidung zwischen Video- und Rauschbild ist. Wäre für die blauen Bilder eine separate Bildklasse geschaffen worden, so hätte das Data Mining versucht auch Unterschiede zwischen blauen und Rauschbildern zu finden. Dieser Unterschied interessiert jedoch nicht. Für die Klassifizierung blauer Bilder als Rauschbild könnte die Ecken- oder Kantenerkennung im Algorithmus dienen, da blaue Bilder keine Ecken oder Kanten aufweisen.

Die Beurteilung des vorgestellten Algorithmus ist im Kapitel 4.6 zu finden.

4.5. Andere Ansätze

Der Vollständigkeit halber werden in den folgenden Unterkapiteln die anderen Ansätze neben dem Data Mining kurz beschrieben und warum sie nicht weiter verfolgt wurden.

4.5.1. Microsoft SQL Analysis Services

Der erste Ansatz des Data Mining war der Einsatz der SQL Analysis Services von Microsoft. Da alle Bildwerte der Testbilder einfach ins Excel importiert werden konnten, führte eine diesbezügliche Suche nach Data Mining zum SQL Analysis Service, der sich via Add-In direkt in Excel einbinden lässt (siehe Abbildung 81 und Abbildung 82). Der Analysis Service selber ist eine Funktion des Microsoft SQL Servers.

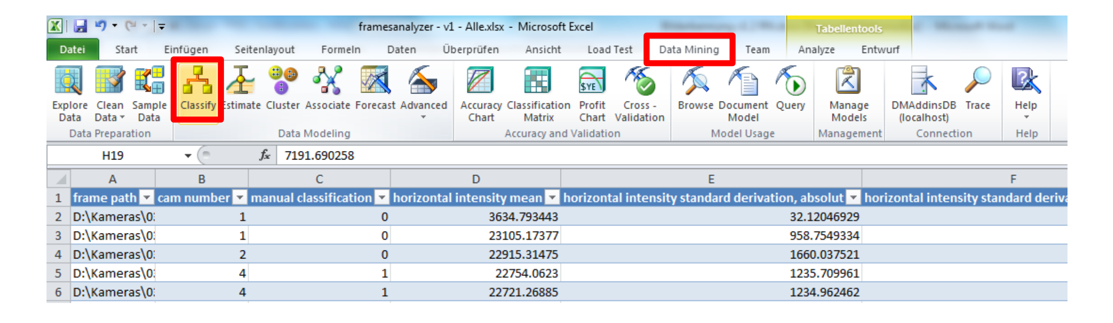


Abbildung 81: SQL Analysis Services Plugin für Excel, Data Mining

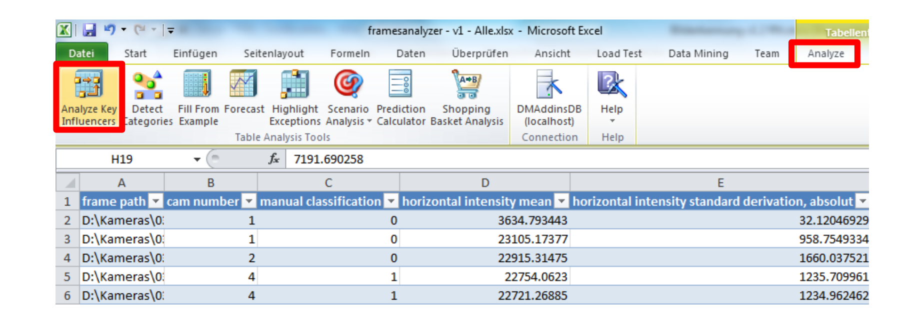


Abbildung 82: SQL Analysis Services Plugin für Excel, Analyze

Damit lassen sich die Daten sehr komfortabel aus Excel in den SQL Server übertragen, auf welchem dann die Datenanalyse durchgeführt wird. Das Excel-Add-In bereitet diese Resultate anschliessend für die Präsentation grafisch auf.

Zuerst wurde die Funktion „Analyze Key Influencers" getestet (siehe Abbildung 82). Man bestimmt eine Spalte und es wird anschliessend berechnet, welche anderen Spalten einen Einfluss auf den Wert in dieser Spalte haben. Die Ergebnisse werden wie folgt grafisch präsentiert:

Key Influencers and their impact over the values of 'manual classification'

	Column	Value	Favors	Relative Impact
6	horizontal intensity standard derivation_ absolut	< 645.6092352512	<Empty>	
208	blue count_ level 190 _ 210	32155 - 43563	0	
209	corners_ moravec_ threshold 700	3852 - 5480	0	
210	edges_ canny_ gaussiansigma 3_ highthreshold 0_ white pixels	>= 21138	0	
211	corners_ moravec_ threshold 1600	3561 - 4899	0	
212	corners_ moravec_ threshold 1500	3621 - 4908	0	
213	corners_ moravec_ threshold 1300	3673 - 5031	0	
341	horizontal intensity standard derivation_ relative	>= 4.591848882	1	
342	edges_ canny_ gaussiansigma 2_ highthreshold 100_ blobs count	< 198	1	
343	gray standard derivation_ absolut	< 500.0462631424	1	
344	edges_ canny_ gaussiansigma 1_ highthreshold 100_ white pixels	< 3661	1	
345	edges_ canny_ gaussiansigma 3_ highthreshold 100_ blobs count	< 255	1	
346	gray standard derivation_ relative	< 163.5359031552	1	
347	edges_ canny_ gaussiansigma 3_ highthreshold 100_ white pixels	< 3733	1	
348	edges_ canny_ gaussiansigma 2_ highthreshold 100_ white pixels	< 3229	1	
349	horizontal intensity standard derivation_ absolut	4954.17124864 - 9798.8845027328	1	
350	blue count_ level 190 _ 210	< 11811	1	
351	edges_ canny_ gaussiansigma 1_ highthreshold 100_ blobs count	< 220	1	

Abbildung 83: Haupteinflüsse auf den Wert "manuelle Klassifikation"

Diese Tabelle gibt einen guten ersten Eindruck für die Bedeutung der berechneten Bildwerte und deren Einfluss auf die Klassifikation. Die Aussagen sind jedoch zu wenig spezifisch um einen Entscheidungsalgorithmus zu implementieren: Erste Versuche damit die Bilder mittels Programm einzuteilen brachten ein unbefriedigendes Ergebnis mit zu vielen Fehlern.

Das Excel-Add-In bzw. die Analysis Services bieten auch die Klassifizierung von Daten an (siehe Abbildung 81, Menüpunkt „Classify"). Damit lässt sich wie im Weka ein Entscheidungsbaum erstellen, wobei auch noch andere Algorithmen wie der „Naive Bayes"-Klassifizierer zur Auswahl stehen (siehe Abbildung 84).

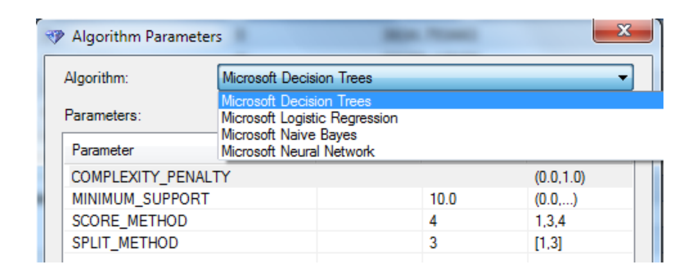


Abbildung 84: SQL Analysis Services, Klassifizierungsparameter

Das Programm Weka bietet jedoch mehr Möglichkeiten für die Parametrisierung des zu berechnenden Entscheidungsbaumes sowie viel mehr Algorithmen als die SQL Analysis Services. Weiterhin ist die Modellverifizierung um einiges umfangreicher. Aus diesen Gründen und weil die Diplomarbeit von Janina Bär [82] eine gute Grundlage für den Weka-Einsatz bot, wurden die SQL Analysis Services nicht weiter evaluiert.

Für weitere Abklärungen bzgl. der Analysis Services wurde Prof. Huser vom INS Institut an der HSR angefragt, da er sich über einiges Wissen im Data Mining und im .NET Umfeld verfügt. Ein von ihm vorgeschlagene Lösung war der Cube.
Dazu speist man die zu analysierenden Daten in den SQL Server ein, welcher dann daraus ein Vorhersagemodell berechnet. Für die Vorhersage des gewünschten Attributs ist später eine Anfrage an die Datenbank nötig. Der Begriff Cube steht für eine Art Datenbank, in welcher dieses Vorhersagemodell abgelegt ist und welche die Anfragen entgegennimmt und beantwortet. Da jedoch dann pro Bild eine Anfrage an den Cube geschickt werden muss, ist diese Variante aus Performancegründen nicht geeignet. Es handelt sich schliesslich um ca. 100 Bilder pro Sekunde.

4.5.2. Künstliche Neuronale Netze

Künstliche Neuronale Netze sind der Versuch das menschliche Gehirn elektronisch nachzubilden. Dabei wird wie im Gehirn ein Netzwerk von Neuronen aufgebaut, welches anschliessend für Eingabedaten eine bestimmte Ausgabe erzeugt. Wie ein Gehirn auch kann ein solches Netz für bestimmte Aufgaben trainiert werden. Das heisst, es lernt Schritt für Schritt anhand äusserer Vorgaben. Die Idee war, dass durch Einspeisen der klassifizierten Testdaten ein solches Netz auf die Erkennung der Videobilder trainiert werden könnte. Nachfolgend wird kurz auf die Funktionsweise solcher neuronalen Netze eingegangen und dieser Ansatz beurteilt.

Vereinfacht gesagt, empfängt ein Neuron mehrere Eingabesignale, summiert diese in bestimmter Art und Weise auf und produziert ein Ausgangssignal, wenn die zuvor berechnete Summe einen bestimmten Schwellenwert überschreitet. Jedes Eingangssignal hat dabei ein eigenes Gewicht. Die nachfolgende Grafik zeigt das grobe Verhalten auf.

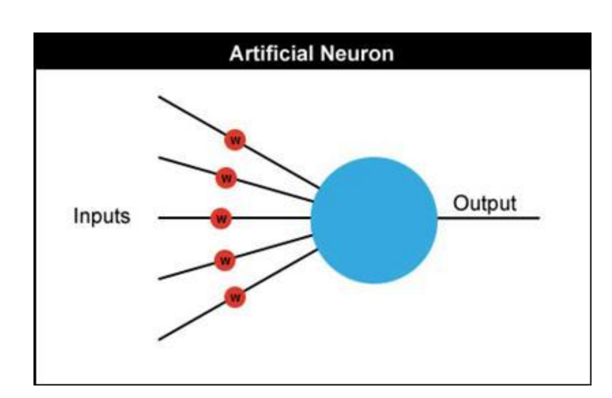


Abbildung 85: grobe Funktionsweise eines Neurons [94]

Durch die Vernetzung solcher Neuronen laufen die Eingabedaten über mehrere Neuronen und werden je nach Gewichtung der dortigen einzelnen Eingänge zu einem Resultat zusammengeführt. Zu Beginn sind diese Gewichte zufällig gewählt und aus den Eingabedaten wird ein irgendein Resultat berechnet, was aber vermutlich zu Beginn nicht mit den Erwartungen übereinstimmt.

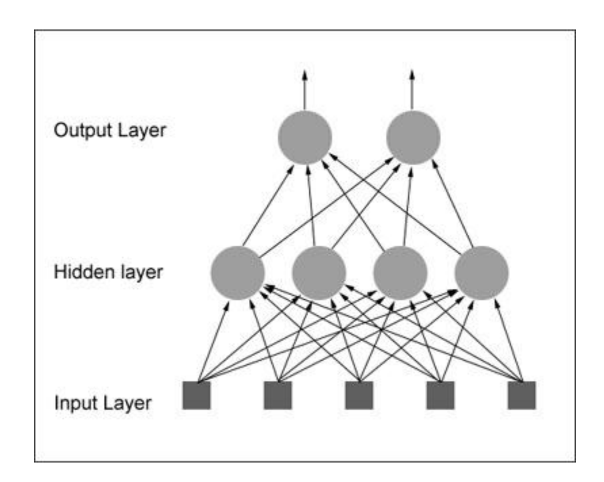


Abbildung 86: Beispiel für ein neuronales Netz [94]

Um ein sinnvolles Resultat zu erhalten muss das Netzwerk trainiert werden. Dazu werden viele Testdaten benötigt, bei welchen das zu erwartende Ergebnis bereits bekannt ist. Nun werden die Gewichte der einzelnen Neutroneneingänge und deren Verbindungen untereinander solange angepasst, bis das Ergebnis für die Eingangsdaten stimmt. Dieser Prozess wird auch „überwachtes Lernen“ genannt. In diesem Zusammenhang wird auch vom Trainieren des Netzes gesprochen.

Neuronale Netze sind gut geeignet für Bilderkennungsaufgaben wie Zeichen- oder Gesichtserkennung [94] [95]. Aus diesem Grund wurde ein erster Test mit dem Tool Neuroph [96] durchgeführt, wobei nach einer Anleitung auf der Webseite vorgegangen wurde [97].

Damit Bilder mit einem neuronalen Netz verarbeitet werden können, müssen diese dafür aufbereitet werden. In der Beispielanleitung wird beschrieben, dass Neuroph aus dem Bild ein grosses Array mit allen Farbwerten anlegt (pro Pixel jeweils drei Werte da RGB). Es braucht somit eine sehr grosse Anzahl Startneuronen, welche für die Aufnahme der Daten zuständig sind: Anzahl Bildpixel * 3. Die vom Videoempfänger aufgezeichneten Bilder haben eine Auflösung von 305 auf 225 Pixel, somit über 68‘000 Pixel, weshalb total ca. 206‘000 Eingangsneuronen benötigt werden. Viele weitere Neuronen folgen im Innern des Netzwerks.

Der Versucht mit der Neuroph führte ins Leere, die Datenmenge schien zu gewaltig. Für eine genauere Analyse dieses Ansatzes fehlte das Wissen und für eine ausreichende Einarbeit ins Thema war nicht genügend Zeit vorhanden. Dies erschien auch nicht lohnend, da das nebenbei evaluierte Data Mining mit Weka viel bessere Resultate erzeugte.

Ein weiterer Nachteil bei den neuronalen Netzen ist, dass zwar die Erkennung von Mustern in Bildern der Trainingsmenge gut funktioniert, es jedoch zu scheinbar zufälligem Resultaten führt, wenn das Netz mit Mustern konfrontiert wird, die den Vorbildern nicht ähneln [98]. Aus diesem Grund eignen sich neuronale Netze nur beschränkt zur Mustererkennung. Da bei den zu verarbeitenden Bildern viele neue dabei sein werden, welche sich stark von den Bildern der Trainingsmenge unterscheiden, dürfte die Bildklassifizierung mit diesem Ansatz nicht zu befriedigenden Ergebnissen führen.

4.5.3. Audiosignal

Bei den Vorabklärungen wurde in einem Artikel über persönliche Warviewing-Erfahrungen [93] der Hinweis gefunden, dass oft vor dem Empfang eines Videosignals bereits Audio empfangen werden konnte. Es wurde geschildert, dass das Ausbleiben des Audiorauschens des Empfangsgeräts ein gutes Anzeichen dafür sei, dass bald darauf ein Videosignal empfangen werde.

Bei eigenen Tests mit Kameras, welche über ein Mikrofon verfügten, war jedoch jeweils ein Videobild sichtbar vor dem Empfang des Audiokanals bzw. vor dem Ende des Audiorauschens am Empfangsgerät. Der eingesetzte Videoempfänger kann zwar vier Videokanäle gleichzeitig empfangen, jedoch nur einen Audiokanal aufs Mal. Man müsste also um alle Kanäle abzudecken mit vier Empfängern unterwegs sein, was nicht gerade komfortabel ist. Aus diesem Grund wurde auf das Einbeziehen des Audiosignals für die Detektion von drahtlosen Videolinks nicht weiter verfolgt.

4.6. Beurteilung

Die mit diesem Algorithmus erreichte Genauigkeit von über 98% kann als zufriedenstellend betrachtet werden. Eigene Testfahrten haben bewiesen, dass Videosignale damit zuverlässig erkannt werden und die Fehldetektionsrate in einem angemessenen Rahmen liegen. Eine weitere Erhöhung der Genauigkeit könnte mit dem Hinzufügen weiterer Testbilder erreicht werden. Damit hätte das Data Mining eine breitere Datenbasis und der Entscheidungsbaum würde weiter auf die effektiv empfangenen Bilder optimiert. Es ist jedoch allgemein schwierig, ein stark verrauschtes Videobild als solches zu erkennen und gleichzeitig ein Rauschen, welches einem Videobild ähnlich sieht, als Rauschbild zu erkennen.

Der Algorithmus könnte bzgl. Geschwindigkeit noch stark verbessert werden. Die Berechnung der verschiedenen Bildwerte braucht viel Rechenleistung und aufgrund der vielen zu beurteilenden Bilder pro Sekunde ist der Prozessor stark ausgelastet. Folgende Möglichkeiten für eine Optimierung wären möglich:

- *Parameter-Anpassung bestehender Bildwerte*
  Die Parameter der Algorithmen, welche die Bildwerte berechnen, könnten in einer Untersuchung noch weiter variiert werden. Damit könnte eventuell die Aussagekraft eines Bildwertes gesteigert werden, wodurch der Entscheidungsbaum kürzer ausfallen könnte.

- *Synchronisationssignal*
  Wird beim Auswerten des Video-Funksignals im Videoempfänger kein Synchronisationssignal[3] gefunden, so wird ein ganzes oder teilweise blaues Bild dargestellt. Im Rauschen wird dieses Signal anscheinend auch gefunden, da sonst nur echte Bilder angezeigt werden dürften, was aber nicht der Fall ist. Vielleicht gibt es Signalverarbeitungschips, welche das Synchronisationssignal zuverlässiger detektieren können, aber dies wurde nicht weiter untersucht. Die Rauschbilder können mit diesem Ansatz doch nicht herausgefiltert werden, weshalb sich diese Idee nicht bzw. nur beschränkt zur Bilderkennung eignet (siehe dazu den folgenden Abschnitt).

[3] siehe Kapitel 9.3.2 im Anhang für Details

- *Aussortierung blauer Bilder*
  Eine einfache Optimierung könnte sein, die blauen Bilder direkt zu Beginn auszufiltern und nur den Rest durch den Bilderkennungs-Algorithmus laufen zu lassen. Da der Blauanteil im Vergleich zu den anderen Bildwerten weniger aufwendig in der Berechnung ist, könnte so die Geschwindigkeit der Bilderkennung gesteigert werden. Im Vornherein müsste jedoch ein passender Schwellenwert für den Blauanteil gefunden werden, damit nicht Bilder mit einem Blaustich aussortiert werden. Diese Erkenntnis kam für eine Anpassung des jetzigen Algorithmus zu spät.

- *Verzicht von Data Mining*
  Der Algorithmus wurde mit Hilfe von Data Mining ermittelt. Ein Schwachpunkt dieses Ansatzes ist das fehlende Bewusstsein des Data Mining, wie berechnungsintensiv die einzelnen Bildwerte sind. Deshalb floss der Berechnungsaufwand nicht in das Modell ein. Mit der in Kapitel 4.3.3 angewandten Technik wurde der Algorithmus manuell optimiert, wobei diese für eine vollständige Optimierung nicht ausreicht.

- *Suche von weiteren Bildwerten*
  Es könnte sein, dass noch weitere Bildwerte existieren, welche über eine höhere Aussagekraft verfügen als die verwendeten. Eine Möglichkeit, welche von Prof. Dr. A. Steffen vorgeschlagen wurde [99], wäre die Analyse der horizontalen Streifen in einem Rauschbild. In Rauschbildern ist eine Streifenbildung zu beobachten, welche eventuell für die Klassifikation eines Rauschbildes verwendet werden könnte (siehe dazu auch Kapitel 4.2.2, Vertikale Intensitäts-Statistik).

- *Interframe-Analyse*
  Eine Bildanalyse über mehrere aufeinanderfolgende Bilder hinweg könnte unter Umständen eine bessere Detektion von Videosignalen ermöglichen. Die Ähnlichkeit von aufeinanderfolgenden Videobildern ist in der Regel sehr hoch, im Gegensatz zu den grossen Unterschieden von Rauschbildern untereinander (jeweils zufällige Pixelverteilung beim Rauschen).

Da im Rahmen dieser Arbeit nur ein Prototyp erstellt werden soll, genügt der entwickelte Algorithmus. Die nicht optimale Geschwindigkeit wird pragmatisch durch leistungsfähigere Hardware wettgemacht.

5. Software

Die Software „Wireless Video Signal Hunter“ (WVSH) wurde im Rahmen der Arbeit als Prototyp entwickelt, da die Vorabklärungen und die Arbeiten für die Bilderkennung bereits einen grossen Teil der Zeit benötigten. Ein weiterer Grund für die Entwicklung als Prototyp war, dass die Software offiziell nur im Rahmen der Kassensturz-Fahrten eingesetzt werden soll und keine weitere Verwendung vorgesehen ist, welche gemäss Wissensstand zum Zeitpunkt der Aufgabenstellung eine Weiterentwicklung rechtfertigen würde.

Wegen diesen Gründen ist die Dokumentation über die Software und deren Aufbau minimal gehalten worden. Es werden primär die Konzepte erklärt und auf Detailerklärungen des Codes oder ein Objektmodell wird verzichtet. Ein grobes Modell des Softwareaufbaus wird jedoch im Kapitel Architektur präsentiert. Beim Implementierungsumfang lag der Fokus auf der Grundfunktionalität um Erfassungsfahrten sinnvoll zu unterstützen.

Für einen ersten Eindruck vom Umfang und von der Umgebung der Software sei auf das nachfolgende System-Diagramm verwiesen. Auf die einzeln verwendeten Technologien wird im Kapitel 5.4 eingegangen. Das Benutzerhandbuch ist im Anhang im Kapitel 9.6 zu finden.

In den Vorabklärungen wurden bereits Punkte wie die Anbindung des Videoempfängers und das Abgreifen von Informationen des GPS-Empfängers grob recherchiert. Beim Programmieren wurden zuerst die Hauptkomponenten entwickelt, welche für die Hardwareanbindung zuständig sind sowie jener Teil, welcher die Bilderkennung umsetzt und die erkannten Videobilder abspeichert. Anschliessend wurden Details des GUI wie das Kartenframework und die Präsentationslogik erarbeitet.

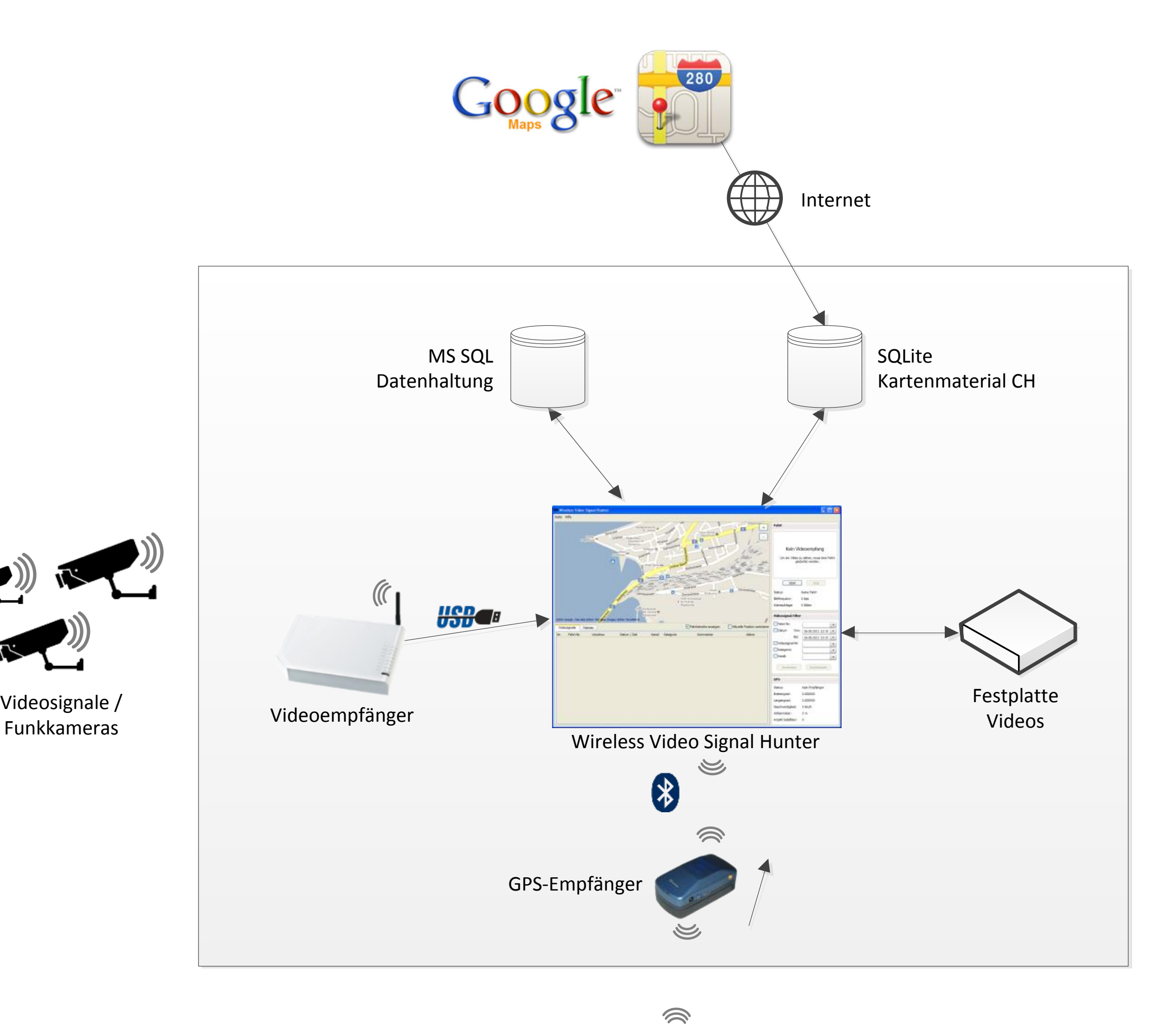


Abbildung 87: System-Diagramm des Video-Hunting-Systems

5.1. System-Spezifikation

Mit dem WVSH können Erfassungsfahrten von Videosignalen (Funkkameras) durchgeführt werden. Die Software bietet dabei die folgende Funktionalität. Um alle Funktionen optimal nutzen zu können sind ein Videoempfänger, wie das während dieser Arbeit evaluierte Modell, und ein GPS Empfänger nötig.

- Darstellung der aktuell empfangenen Bilder des Videoempfängers
- Automatisches Erkennen von Video-Funksignalen
- Darstellung der gefundenen Videosignale auf einer Karte sowie in Tabellenform
- Pro Videosignal werden die folgenden Informationen aufgezeichnet
    - Videosequenz: Betrachtung direkt in WVSH möglich
    - Kanal
    - GPS-Position
    - Zeitpunkt der Detektion

- Die Informationen zum Videosignal können wie folgt manuell ergänzt werden:
  - Kategorie (Kassenbereich, Hauseingang, …)
  - Kommentar
- Darstellung der aktuellen Position auf einer Karte
- Darstellung der gefahrenen Strecke auf einer Karte
- Pro gefahrene Strecke bzw. Fahrt werden die folgenden Informationen festgehalten:
  - Anzahl gefundene Videosignale
  - Start- und Endzeitpunkt sowie Dauer
  - gefahrene Kilometeranzahl
- Darstellung von GPS-Informationen zur aktuellen Position
  - Empfängerstatus
  - aktuelle Position (Längen- und Breitengrad)
  - Geschwindigkeit
  - Höhenmeter
  - Anzahl Satelliten
- Filterung der Videosignale anhand folgender Kriterien:
  - Fahrt-Nummer
  - Datum / Zeitpunkt
  - Videosignal-Nummer
  - Kategorie
  - Kanal

Weitere Funktionen, welche die Nützlichkeit der Software noch steigern würden, sind im Kapitel 5.9 (Erweiterungsmöglichkeiten) aufgeführt.

5.2. System-Voraussetzungen

Folgende Mindestanforderungen werden an die Geräte gestellt, welche für den Betrieb des WVSH benötigt werden:

- Notebook
  - Hardware
    - 1.6 GHz, Quadcore
    - 4 GB RAM
    - Festplatte, 10 GB freier Platz
    - Bluetooth, USB
  - Software
    - Windows XP SP3, 32-Bit
    - .NET Framework 4.0
    - Windows Installer 4.5
    - Microsoft SQL Server 2008 R2 Express
    - Windows Media Player 11
    - XviD Codec
- GPS-Empfänger
  - Unterstützung des NMEA-Datenformat [107]

Die Mindestanforderungen an die Notebook-Hardware basieren auf dem für die Tests zur Verfügung gestanden Notebook (siehe auch Kapitel 6, Testfahrten, Unterkapitel Hardware). Die CPU ist für den WVSH der wichtigste Faktor, da die Bilderkennung sehr rechenintensiv ist. Auch beim verwendeten 1.6 GHz Quadcore i7 Intel Prozessor betrug die Auslastung nahezu immer 100%. Somit würde eine bessere CPU, sprich höhere Taktfrequenz oder mehr Kerne, den WVSH nochmals beschleunigen. Die Anforderungen an die Festplatte stellen sich aus den aufgezeichneten Videos. Pro Aufzeichnung fallen pro Minute rund 10 MB Daten an.

Als Betriebssystem ist Windows XP nötig, da der verwendete Videoempfänger (siehe Kapitel 3.2) nur dafür funktionierende Treiber liefert. Die Installation der Geräte und der benötigten Software ist im Benutzerhandbuch (siehe Kapitel 9.6) beschrieben.

5.3. Use Cases

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Use Cases (Anwendungsfälle) des Systems aufgezeigt und kurz erläutert. Der Fokus liegt hierbei klar auf der „interaktiven Aufzeichnung“. Eine „unbeaufsichtigte Aufzeichnung“ ist für später denkbar, wurde jedoch aufgrund der hohen Anforderungen an die Stabilität und der knappen Zeit nicht weiter verfolgt. Bei der Entwicklung der grafischen Oberfläche der Software dienten die nachfolgenden Use Cases als Grundlage.

Bevor auf die Use Cases eingegangen wird, soll mit dem nachfolgenden Kontextdiagramm ein Überblick des Systems gegeben werden. Dieses stellt die Datenflüsse und die Schnittstellen auf der obersten Ebene des Systems dar.

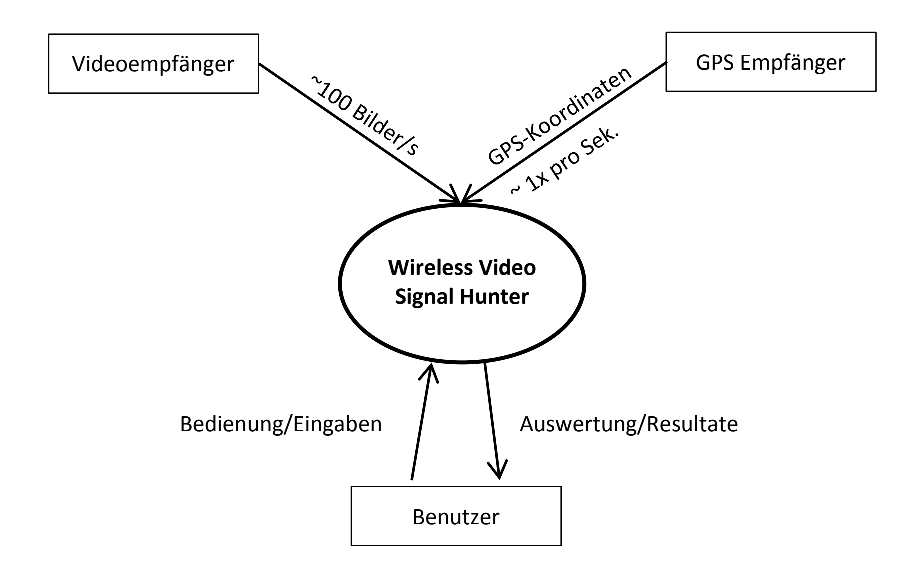


Abbildung 88: Kontextdiagramm

Die nachfolgenden Abschnitte beschreiben die wichtigsten Use Cases. Dabei ist jeweils der Benutzer der Aktor.

Interaktive Aufzeichnung durchführen

Während der Aufzeichnung beobachtet der Benutzer das System und sieht direkt die gefundenen Videosignale. Weiterhin kann er direkt Eingaben zu den Detektionen machen und könnte auf allfällige Systemfehler reagieren.

Umfasst folgende Unter-Use Cases

- Konfiguration prüfen
- Aufzeichnung starten
- Ergebnisse anschauen und kommentieren (optional)
- Aufzeichnung stoppen

Unbeaufsichtigte Aufzeichnung durchführen

Das System wird unbeaufsichtigt betrieben, d.h. die Informationen werden erst nach der Fahrt angeschaut. Als Beispiel wäre die Mitgabe des Hunting-System an einen Taxifahrer denkbar, welcher es unbeaufsichtigt auf dem Rücksitz laufen lässt. Während der Fahrt findet also keine Interaktion statt. Dieser Use Case unterscheidet sich vor allem in den Stabilitätsanforderungen an das System von der interaktiven Software, da hier der Status des Systems nicht beobachtet wird und allfällige Probleme nicht direkt behoben werden können.

Konfiguration prüfen

Es wird geprüft, ob der richtige Videoempfänger sowie die richtigen Optionen für den Zugriff auf das GPS-Gerät konfiguriert sind. Weiterhin wird geprüft, ob die beiden Empfänger auch Daten liefern.

Ergebnisse anschauen und kommentieren (während oder nach der Fahrt)

- Video eines Videosignal-Fundes anschauen
  Der Benutzer wählt eine Detektion aus und kann das zugehörige Video anschauen, um zu sehen, welche Bilder drahtlos übertragen wurden.

- Videosignal genauer spezifizieren (weitere Informationen dazu eintragen)
  Zum ausgewählten Videosignal trägt der Benutzer einen Kommentar und/oder eine Kategorie ein für eine genauere Spezifikation des Fundes.

- Videosignal löschen (Falschdetektionen)
  Der Benutzer wählt ein Videosignal aus und löscht es, da es sich um einen falsch positiven Fund handelt (Fehlalarm).

- Angezeigte Daten filtern nach diversen Kriterien
  Der Benutzer kann auswählen nach welchen Kriterien die angezeigten Daten (Videosignale sowie die damit verbundenen Fahrten) gefiltert werden.

- Ganze Fahrt löschen
  Nach der Fahrt kann diese durch den Benutzer gelöscht werden.

5.4. Technologieauswahl

Hier wird auf die verwendeten Technologien für die Entwicklung des WVSH eingegangen und kurz die Gründe für deren Wahl sowie allfällige Alternativen geschildert.

Programmiersprache: C#, .NET 4.0, WPF

Die Software wurde in C# programmiert, wobei .NET 4.0 und WPF benutzt wurde. Der Hardware-Zugriff (benötigt für Video- und GPS-Empfänger) ist hiermit einfacher als mit Java zu realisieren und das Wissen dazu war noch aktuell aufgrund des Einsatzes von .NET für ein kleines Projekt im vorherigen Semester. Weiterhin erlaubt die .NET-Umgebung ein schnelles Entwickeln insbesondere mit WPF zur GUI-Programmierung. Da die Entwickler nur über wenig Wissen und Erfahrung mit C++ verfügten und die Entwicklung damit zu kompliziert und langwierig ist, wurde diese Sprache direkt ausgeschlossen. Als Entwicklungsumgebung wurde Microsoft Visual Studio 2010 Ultimate eingesetzt.

Datenhaltung: Microsoft SQL Server 2008 Express

Für das Abspeichern der Detektionen wurde der MS SQL Server Express verwendet aufgrund der guten Integration in die .NET-Umgebung und da die Express-Version kostenfrei zur Verfügung gestellt wird. In diesem Rahmen wurde das Entity Framework als objektrelationaler Mapper verwendet (OR Mapper).

Kartenframework: GMap.NET

Die Anforderungen an das Kartenframework lauteten wie folgt:

- offline verfügbares Kartenmaterial für Erfassungsfahrten ohne Internetzugang
- Einzeichnen von Punkten und Linien möglich

Von den drei evaluierten Frameworks erfüllte nur GMap.NET [100] alle Anforderungen zur vollständigen Zufriedenheit. Es hob sich vor allem über ein einfaches Prefetching des Kartenmaterials hervor. Zudem unterstützt es WPF und eine Vielzahl von verschiedenen Karten (Google Maps, Bing Map, Yahoo Map, OpenStreetMap, etc). Der Einsatz war relativ einfach und intuitiv, zudem gab es gute Beispiele. Das Framework wird auch aktiv entwickelt.

Als Alternativen sind SharpMap [101], bei welchem das Vorladen von Kartenmaterial sehr kompliziert ist, und DotSpatial [102], welches gar kein Vorladen ermöglicht.

GPS-Bibliothek: SharperGps

Als Lösung wurde SharperGps [103] ins Projekt integriert, was eine leichte Anpassung von SharpGPS ist [104]. Die angepasste Version benötigt kein WinForm-Element mehr um GPS-Updates auszulesen. Die Library unterstützt das NMEA-0183-Datenformat [107].

Die Suche nach einer guten GPS-Bibliothek war überraschenderweise ziemlich aufwendig, da es nicht so viele Angebote für .NET gibt wie erwartet. GPS.Net [105] sah vielversprechend aus und wurde an verschiedenen Orten empfohlen, ist jedoch seit 2010 im DotSpatial Framework [102] integriert. Leider ist diese Integration eher schlecht gelungen und sehr verwirrend für Benutzer, da die Struktur

nicht sehr klar ist. Um die Einarbeit kurz zu halten wurde SharperGps genutzt, welches auch eine Beispielapplikation mitliefert. Das Projekt Tma.dk GPS [106] wurde gegen Schluss noch entdeckt, als ein grosser Teil der Arbeit bereits mit SharperGps umgesetzt war.

Bildverarbeitungs-Framework: AForge.NET

Für die Berechnung der Bildwerte wurde das Bildverarbeitung-Framework AForge.NET [71] eingesetzt. Hierbei handelt es sich um ein Framework für die Programmiersprache C#, welches eine Vielzahl von Algorithmen anbietet und direkt auch ein Tool für das Testen dieser Funktionen mitliefert namens Image Processing Lab (IPLab) [109]. Dies war sehr nützlich für das Finden von relevanten Bildwerten, da die Resultate der Bildverarbeitungs-Funktionen direkt sichtbar werden. Da die WVSH Software auch in C# entwickelt wird, bot sich das AForge.NET Framework durch die gute Einbindung und die vielen Funktionen direkt an. Das Framework wird auch regelmässig aktualisiert: Die verwendete Version 2.1.5 stammt von Januar 2011 und zuvor gab es etwa alle 2-3 Monate eine neue Version zum Download.

Als ein anderes, sehr populäres Framework ist OpenCV [110] zu nennen, welches sehr viele Funktionen anbietet. Es ist in C/C++ geschrieben, wobei es verschiedene C#-Wrapper gibt, welche jedoch nicht so komfortabel sind in der Bedienung wie AForge.NET, welches direkt in C# geschrieben ist.

Andere Frameworks wurden nicht evaluiert, da AForge.NET zufriedenstellend und einfach zu bedienen war dank vielen Codebeispielen (Hilfe, Forum sowie Beispielprojekte). Nach kurzer Zeit war man mit dem Framework vertraut und aus Zeitgründen wurde eine weitere Suche verzichtet. Aufgrund der hohen Leistungsanforderungen (wie zuvor erwähnt müssen ca. 100 Bilder/s verarbeitet werden) wären Frameworks interessant, welche auch die Grafikkarte für Berechnungen nutzen. Dies unterstützt AForge.NET jedoch nicht.

5.5. Architektur

Das System-Diagramm in der Einleitung des Kapitels Software (siehe Abbildung 87) wiederspiegelt die grobe Architektur des Systems und beleuchtet zusätzlich das Umfeld, in welchem die Software betrieben wird. In diesem Kapitel wird auf den inneren Aufbau der Software eingegangen, wobei hauptsächlich der Datenfluss der empfangen Bilder und das damit verbundene Thread-Modell behandelt wird. Auf die strikte Umsetzung der klassischen Schichtenarchitektur mit Präsentations-, Geschäftslogik- und Datenzugriffsschicht wurde verzichtet, da es sich nur um ein Einzelplatzsystem handelt und die Software ohnehin nur als Prototyp gedacht ist.

In Abbildung 89 ist der Datenfluss von empfangenen Bildern mit den damit verbundenen Threads modelliert. Um den Kontext klarer zu machen, wurden die relevanten umgebenden Komponenten wie die Datenbank ebenfalls eingezeichnet.

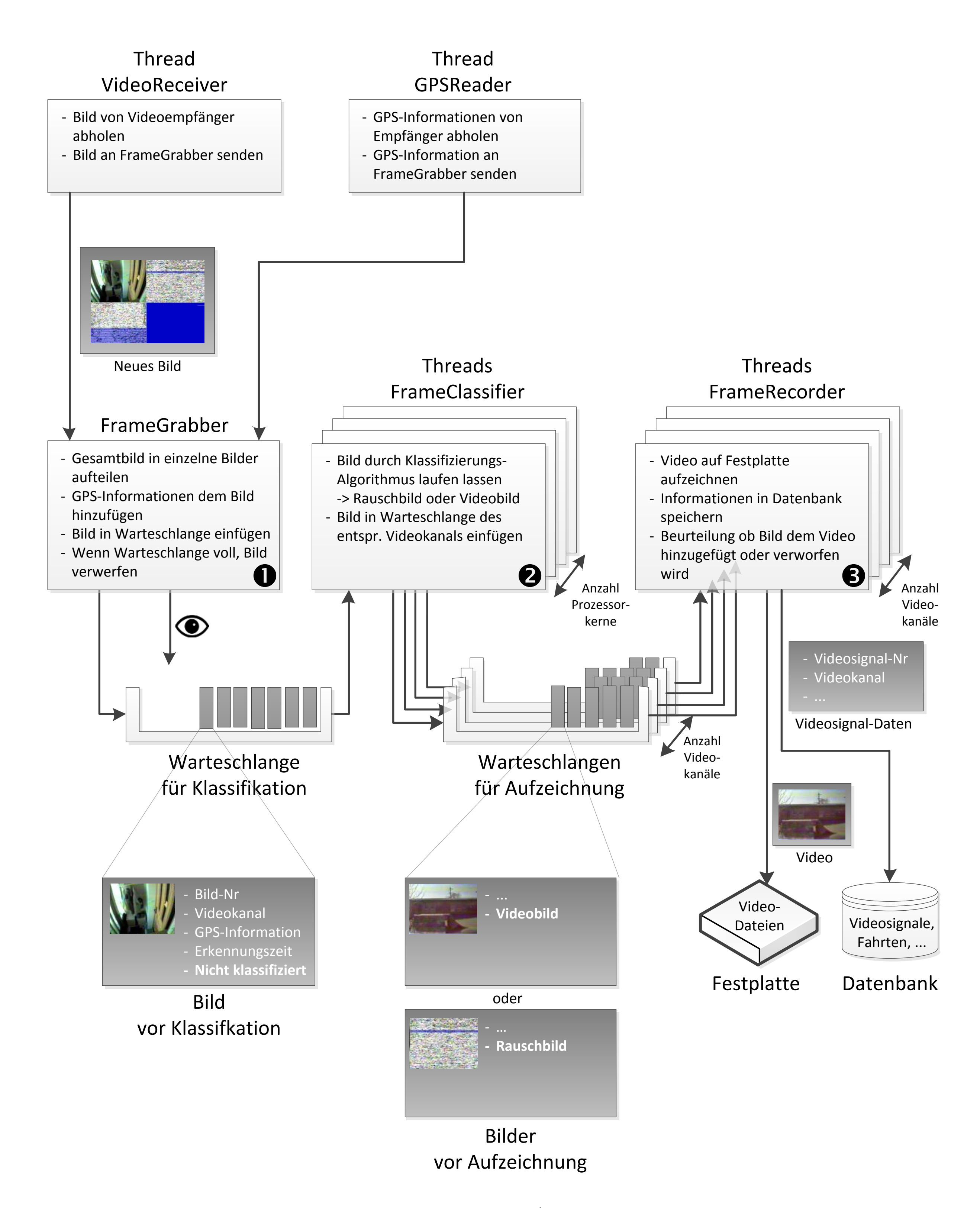


Abbildung 89: Datenfluss / Thread-Modell

In diesem Datenfluss erledigen folgende drei Klassen die Hauptarbeit:

❶ FrameGrabber

Der FrameGrabber ist für den Empfang der Bilder vom Videoempfänger zuständig. Die Bilder werden für die weitere Verarbeitung aufbereitet und in die Warteschlange für die Klassifizierung eingefügt. Für diese Arbeit kann nur ein Thread verwendet werden, da der Zugriff auf den Videoempfänger nicht multithreading-fähig ist. Folgende Arbeiten erledigt der FrameGrabber im Detail:

- Videoempfänger beim Beginn einer Fahrt initialisieren
- Vom Videoempfänger empfangenes Gesamtbild (vier Bilder in einem aufgrund mehrerer Kanäle) in vier einzelne Bilder aufteilen
- Einzelnes Bild mit Bild-Nr., aktueller GPS-Position, Datum /Uhrzeit, Videokanal versehen und in Warteschlange für den Klassifizierer (FrameClassifier) einfügen
- Beim Empfang eines Gesamtbildes wird jeweils die Warteschlangen-Länge des Klassifizierers überprüft. Falls diese mehr als 50 Bilder enthält, werden in fixen Intervallen Gesamtbilder verworfen. Falls die Warteschlange die Länge von 350 Bildern überschreitet, wird jedes empfangene Gesamtbild sofort verworfen. Damit wird verhindert, dass der Klassifizierer überlastet und die ganze Software zu träge wird.

❷ FrameClassifier

Die Einteilung der empfangenen Bilder in die Bildklassen Videobild und Rauschbild geschieht im FrameClassifier. Hauptsächlich wird der in Kapitel 0 beschriebene Algorithmus abgearbeitet und das Bild anschliessend in die richtige Warteschlange eingefügt. Die Klassifizierung wurde stark parallelisiert, es wird pro Prozessorkern ein Thread mit einem Klassifizierer gestartet. Damit kann das System maximal ausgelastet werden, da der Algorithmus sehr rechenintensiv ist. Folgende Arbeiten erledigt der FrameClassifier im Detail:

- Bild aus Warteschlange nehmen
- Für die Bestimmung der Bildklasse das Bild durch den Bilderkennungs-Algorithmus laufen lassen
- Bildklasse in Bild vermerken und das Bild in die entsprechende Kanal-Warteschlange einfügen. Pro Videokanal wird eine eigene Warteschlange verwendet (siehe FrameRecorder für Begründung).

❸ FrameRecorder

Der FrameRecorder ist für die Aufzeichnung von Videodateien und die Speicherung der Videosignal-Daten wie Kanal, Datum / Uhrzeit usw. in der Datenbank zuständig. Für die Aufzeichnung und Speicherung müssen jedoch einige Kriterien erfüllt sein, welche im Kapitel 4.4 (Algorithmus) beschrieben sind und in der folgenden Auflistung angewandt werden. Der FrameRecorder konnte nur beschränkt parallelisiert werden, da er Zugriff auf Informationen auf vorherige Bilder des gleichen Kanals haben muss. Aus diesem Grund wird pro Videokanal ein Thread gestartet, womit Informationen vorheriger Bilder gespeichert und wieder abgerufen werden können. Jeder Thread greift auf eine eigene Warteschlange zu, welche wie der Thread fix einem Kanal zugeordnet ist.

Folgende Arbeiten erledigt der FrameRecorder im Detail:

- Bild aus der dem Thread zugewiesenen Kanal-Warteschlange nehmen
- Falls das fünfte Videobild in Folge aus der Warteschlange genommen wird, eine Videosignal-Detektion auslösen. Gleichzeitig eine neue Videodatei anlegen, die zwischengespeicherten Videobilder (aus nächstem Punkt) der Videodatei hinzufügen und die Videosignal-Daten in die Datenbank schreiben.
- Falls noch keine Detektion ausgelöst wurde…
  - … und Bild ist Rauschbild, Bild verwerfen
  - … und Bild ist Videobild, Bild zwischenspeichern
- Falls bereits eine Detektion ausgelöst wurde…
  - …das Bild unabhängig der Bildklasse der Videodatei hinzufügen
  - …und das 24igste Rauschbild in Folge aus der Warteschlange genommen wird, Detektion und Videodatei abschliessen.

Die beiden Schwellwerte, wann eine Videosignal-Detektion ausgelöst (ab 5 Videobildern) und wieder abgeschlossen (nach 24 Rauschbildern) wird, können konfiguriert werden. In der Datei „WVSH.exe.config“, welche sich im selben Ordner wie die Software befindet, können diese beiden Werte unter „RecordingBeginThreshold“ und „RecordingEndThreshold“ angepasst werden. Damit die Änderungen übernommen werden, muss die Software neugestartet werden.

5.6. Datenmodell

Wie bereits unter Technologieauswahl erwähnt, wurde aufgrund der guten Integration in die .NET Umgebung der Microsoft SQL Server Express für die Datenhaltung genutzt.

Gemäss der System-Spezifikation wurden die folgenden drei Datenklassen entworfen:

- *Kategorie*: Zuordnung des Videosignals zu maximal einer Kategorie für eine genauere Spezifikation und Einteilung der aufgezeichneten Bilder
- *Videosignal*: detektierte drahtlose Videoübertragung mit Zusatzinformationen
  Es gehört zu maximal einer Kategorie und zu genau einer Erfassungsfahrt.
- *Fahrt*: Video-Erkennungsfahrt mit Zusatzinformationen
  Ihr sind alle dabei erkannten Videosignale zugeordnet.

Die Beziehungen zwischen den Klassen und die jeweiligen Attribute sind im nachfolgenden Datenbank-Schema dargestellt.

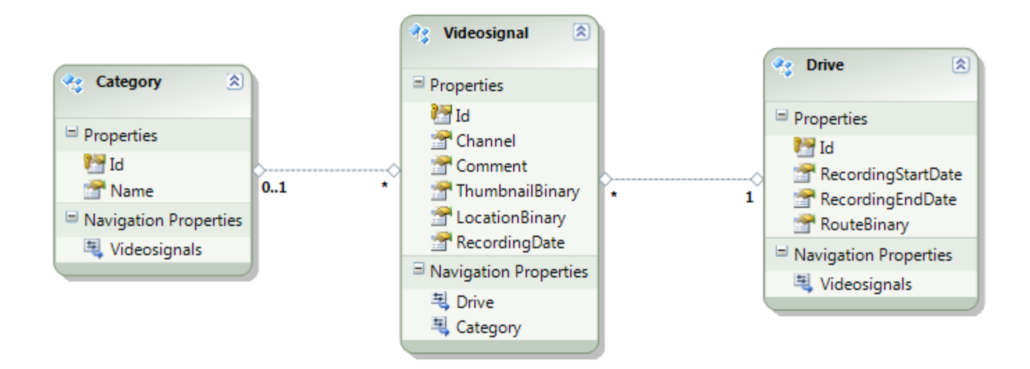


Abbildung 90: Datenbank-Schema

Der Datentyp für das Vorschaubild (Thumbnail) und die Positionsdaten (Location, Route) ist ein binäres Format, da das verwendete Entity Framework keine Bitmaps bzw. Geodatentypen unterstützt.

Problem mit den SQL Geodatentypen

Genaugenommen handelt es sich beim Attribut Route nicht um einen SQL Geodatentyp wie Geography oder Geometry, da sich diese aufgrund interner Konsistenzbedingungen nicht eignen. Gültige Formen, welche durch diese Typen repräsentiert werden, dürfen sich nicht selber überschneiden, da ansonsten gewisse Berechnungen fehlschlagen [111].

Genau solche Überschneidungen der gefahrenen Streckenlinie kamen jedoch bei ersten Testfahrten vor aufgrund der gewählten Route. Weiterhin führte nur schon die Ungenauigkeit des GPS-Signals während des Stillstandes zu einem „Springen“ des Positionspunktes und damit zu kleinen Überschneidungen in der aufgezeichneten Strecke. Eine Strecke mit Überlappungen kann jedoch durch einen Multilinestring abgebildet werden, wobei die einzelnen Teilstrecken separat abgespeichert werden (siehe Abbildung 91).

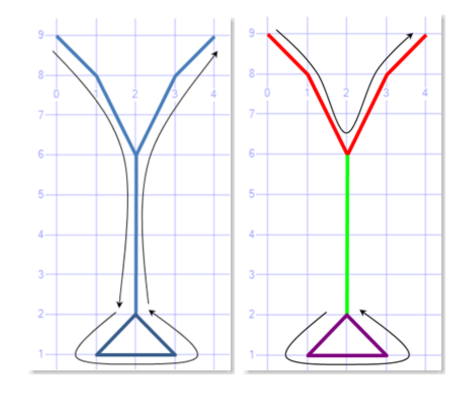


Abbildung 91: ungültiger Linestring und gültiger Multilinestring [111]

Die Unterdatentypen von SQL Geometry verfügen zwar über eine Methode zum Validieren und allfälligen Anpassen der Positionsdaten, dadurch wurde jedoch ein Linestring in einen Multilinestring umgewandelt. Wie bereits erwähnt, enthält ein Multilinestring verschiedene Teilstrecken. Dies führt jedoch zu Schwierigkeiten bei der Darstellung der gefahrenen Route auf der Karte. Denn dem Kartenframework müssen die einzuzeichnenden Punkte hintereinander angegeben werden. Damit die Darstellung korrekt wäre, müssten die einzelnen Teilstrecken in der richtigen Reihenfolge ausgewertet bzw. teilweise sogar weiter unterteilt werden (siehe Abbildung 91), damit es in der dargestellten Route nicht zu seltsamen Sprüngen kommt.

Aufgrund dieser Verkomplizierung wurde entschieden, bei der Route auf die SQL Geodatentypen zu verzichten und stattdessen eine Liste von Punkten des Kartenframeworks zu nutzen. Diese wird für die Speicherung in die Datenbank serialisiert. Die Berechnung der gefahrenen Distanz geschieht mit einer Funktion des Kartenframeworks anstatt mit Funktionen des SQL Servers. Dies genügt den Anforderungen, wobei spezielle Geoabfragen auf der Datenbank damit nicht mehr möglich sind, da keine SQL Geodatentypen für die gefahrene Route genutzt werden, für die Position der Videosignale jedoch schon.

5.7. Visualisierung (GUI)

Die Visualisierung wurde mit der .NET-Technologie Windows Presentation Foundation (WPF) umgesetzt. Für den Entwurf wurde ein Paper Prototype angefertigt, welcher im Kapitel 9.5 zu finden ist. Um einen schnellen Überblick von der Benutzeroberfläche zu erhalten, wurde eine „GUI Map“ erstellt:

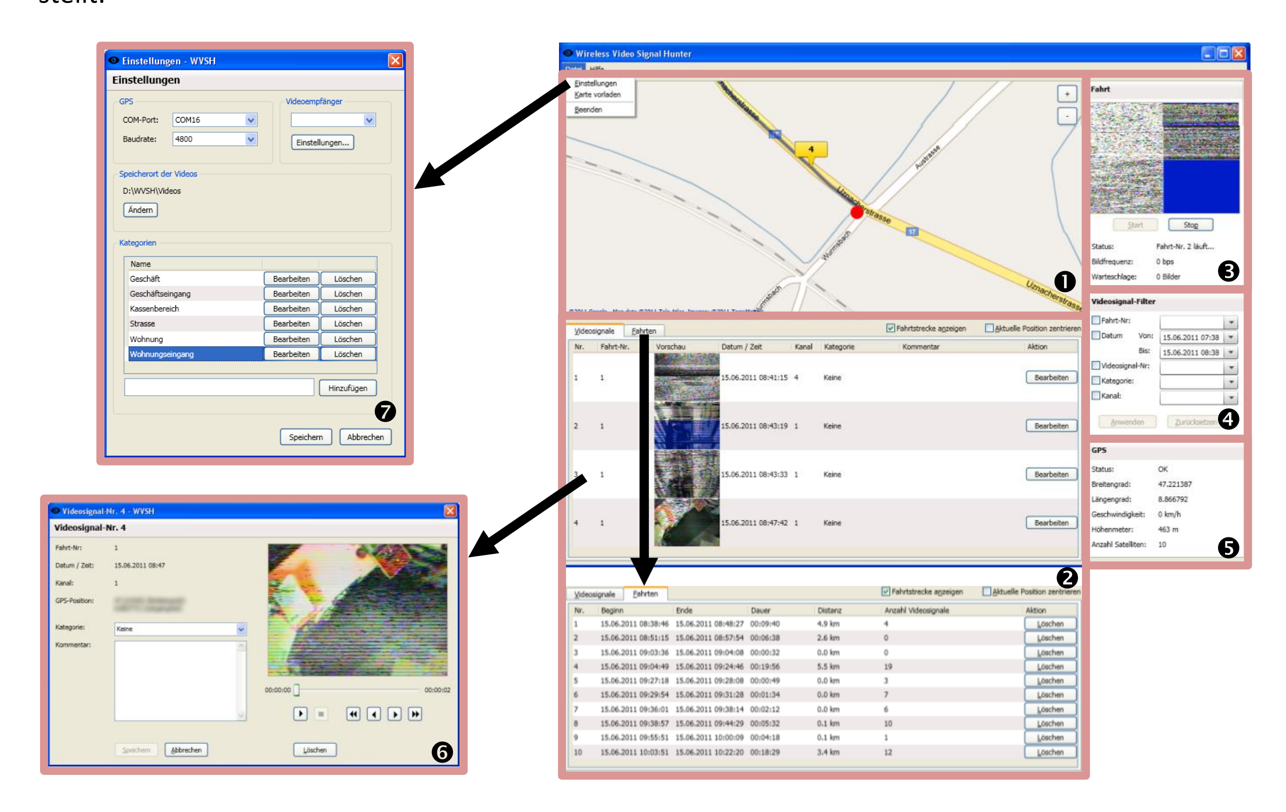


Abbildung 92: GUI Map

Die in der Abbildung 92 eingerahmten Bereiche werden im Folgenden kurz erläutert. Detaillierter wird die Software im Benutzerhandbuch (siehe Kapitel 9.6) beschrieben.

- ❶ *Karte*
  In diesem Bereich wird die Karte mit den eingezeichneten Videosignalen und Fahrten dargestellt. Die Markierung für die Videosignale wurde selber entworfen, womit die Position des Videosignals und dessen Nr. gut sichtbar ist. Falls ein GPS-Signal verfügbar ist, wird zusätzlich die aktuelle Position mittels eines roten Punktes markiert. Die Karte kann für den Gebrauch ohne Internet auch vorgeladen werden (siehe Kapitel 9.6.2.1, Karte). Für die Karte wurde das GMap.NET Framework verwendet (siehe Kapitel 5.4).

- ❷ *Tabellen Videosignale / Fahrten*
  In diesen Tabellen werden die detektierten Videosignale und die entsprechenden Fahrten aufgelistet. Für die Bearbeitung oder die Video-Wiedergabe eines Videosignals kann das Fenster „Videosignal“ von der Tabelle aus geöffnet werden. Für Fahrten existiert kein solches Fenster, da die einzig benötigte Funktion dafür deren Löschung ist.

- ❸ *Seitenpanel Fahrt*
  Die Fahrt wird in diesem Panel gestartet und gestoppt. Während der Fahrt wird ein Vorschaubild des aktuell empfangenen Signals angezeigt. Status-Information der Signalverarbeitung wie empfangene Bilder pro Sekunde werden im unteren Teil des Bereiches dargestellt.

- ❹ *Seitenpanel Videosignal-Filter*
  Dieses Panel bietet eine Filterung der Videosignale an. Verschiedene Kriterien können kombiniert und angewandt werden. Fahrten werden nur angezeigt, wenn mindestens ein Videosignal der entsprechend Fahrt dargestellt wird. Das Steuerelement, welches Mehrfach-Selektion zulässt, wurde aus dem Internet bezogen und noch an die eigenen Bedürfnisse angepasst. Dasselbe gilt für das Datum-Zeitauswahl-Steuerelement.

- ❺ *Seitenpanel GPS*
  Die vom GPS-Empfänger erhaltenen Informationen wie Position, Geschwindigkeit usw. werden in diesem Panel dargestellt.

- ❻ *Fenster Videosignal*
  In diesem Fenster können die Informationen eines Videosignals angesehen und die Felder Kategorie und Kommentar bearbeitet werden. Das empfangene Videosignal kann abgespielt werden, wobei das Video auch Bild für Bild durchgesehen werden kann. Falls das Videosignal nur Rauschen enthält oder nicht mehr benötigt wird, kann es von diesem Fenster aus gelöscht werden.

- ❼ *Fenster Einstellungen*
  Die Grund-Einstellungen der Software können in diesem Fenster vorgenommen werden. Folgende Einstellungsmöglichkeiten werden geboten: GPS-Einstellungen vornehmen, Videoempfänger auswählen und konfigurieren, Pfad der Videodateien einstellen und Kategorien verwalten.

5.8. System-Test

Während der ganzen Entwicklungszeit wurde fortlaufend getestet. Dafür wurde eine Test-Umgebung mit Windows XP, dem Videoempfänger und eigenen Kameras aufgebaut. Die jeweils entwickelten Komponenten wurden falls möglich sofort in dieser Test-Umgebung geprüft. Gegen Ende der Entwicklungszeit wurden auch Testfahrten mit einem Auto durchgeführt, wobei das Zusammenspiel aller nötigen Komponenten überprüft werden konnte.

In den folgenden Tabellen sind die Testfälle aufgelistet, welche unter Berücksichtigung der Use Cases (siehe Kapitel 5.2) erarbeitet wurden. Alle Testfälle wurden am Ende der Entwicklungszeit erfüllt.

Fahrt durchführen

Aktion	Erwartung	Ergebnis
Fahrt starten	Fahrt in Datenbank speichern, Tabelle im GUI aktualisieren, Dropdown in Filter ergänzen, in Karte die Markierung setzten	OK
Fahrt stoppen	Warteschlange wird von Software abgearbeitet, Vorschaubild wird entfernt	OK
Während der Fahrt wird ein neues Videosignal detektiert	Videosignal in Datenbank speichern, Tabelle im GUI aktualisieren, Dropdown in Filter ergänzen, in Karte die Markierung setzten	OK
Fahrt wird ohne Anschluss des Videoempfängers gestartet	Fehlermeldung, Fahrt wird nicht gestartet	OK
Während einer Fahrt wird unerwartet der Videoempfänger ausgesteckt	Fahrt wird nicht abgebrochen, letztes Vorschaubild wird eingefroren	OK
Während einer Fahrt wird nach dem Ausstecken der Videoempfänger wieder eingesteckt	Bilder werden wieder von System verarbeitet, Vorschau aktualisiert wieder	Nicht OK, das erneute Einstecken des Videoempfängers wird nicht erkannt. Massnahme: Regelmässig auf das erneute Einstecken des Videoempfängers überprüfen
Fahrt wird ohne verbundenen GPS-Empfänger gestartet	Bei Fahrt und Videosignalen wird der Punkt 0,0 als Position eingetragen	OK
Während einer Fahrt bricht die Verbindung zum GPS-Empfänger ab oder der GPS-Empfänger liefert aufgrund eines fehlenden Signals keine GPS-Position mehr	Letzte empfangene GPS-Position dient bei der Erkennung eines neuen Videosignals als Position. Die Route der Fahrt wird nicht weiter aktualisiert.	OK
Während einer Fahrt werden die empfangenen Bilder vom berechnungsintensiven Algorithmus verarbeitet.	Das GUI reagiert trotz der hohen Systembelastung in vernünftiger Geschwindigkeit	Nicht OK, wenn z.B. die Karteposition geändert wird, benötigt diese Aktion mehrere Sekunden. Massnahme: die Thread-Priorität des Klassifizierers verringern.
Fahrt starten, welche mehrere Stunden dauert und dabei laufend neue Videosignale erfasst werden	Software erfasst Videosignale auch nach längerer Dauer immer noch korrekt	Nicht OK, bei der längeren Aufzeichnung gibt es eine OutOfMemory-Exception. Massnahme: Da Memory Leak auf Fehler in AForge.NET mit verwendetem Codec wmv3 zurückzuführen ist [138], wurde

Aktion	Erwartung	Ergebnis
		Codec auf XviD gewechselt [138].

Tabelle 11: System-Test Fahrt durchführen

Videosignal / Fahrt bearbeiten

Aktion	Erwartung	Ergebnis
Kategorie und Kommentar eines Videosignals über das GUI ändern	Änderungen werden in Datenbankgeschrieben und Tabelle im GUI wird aktualisiert	OK
Video eines Videosignals abspielen und innerhalb des Videos navigieren	Falls sich das Videosignal gerade noch in Aufzeichnung befindet, kann Video nicht abgespielt werden. Andernfalls wird Video abgespielt und die Navigation innerhalb des Videos funktioniert wie von anderen Geräten gewöhnt	OK
Videosignal wird gelöscht	Falls sich Videosignal gerade noch in Aufzeichnung befindet, kann Videosignal nicht gelöscht werden. Andernfalls wird es gelöscht, die Videosignal-Nr. aus dem Dropdown des Filters entfernt, die Kamera-Anzahl der entsprechenden Fahrt um eins verringert und die Markierung in der Karte entfernt	OK
Fahrt löschen	Falls es sich um die gerade aktive Fahrt handelt, kann Fahrt nicht gelöscht werden. Andernfalls wird die Fahrt mit den dazugehörigen Videosignalen gelöscht, die Fahrt-Daten aus den Dropdowns der Filter gelöscht, die Markierungen auf der Karte entfernt	Nicht OK, die Fahrt-Nr. wird zwar aus dem Dropdown des Filters entfernt, jedoch die dazugehörigen Videosignal-Nr. nicht. Diese verbleiben als „Leichen“ im Dropdown des Filters. Massnahme: Videosignal-Nr. ebenfalls aus Dropdown des Filters entfernen

Tabelle 12: System-Test Videosignal / Fahrt bearbeiten

Filter setzen

Aktion	Erwartung	Ergebnis
In Dropdown ein Filter-Kriterium durch die Checkbox selektieren und Selektion anschliessend wieder entfernen	Die Checkbox vor dem Filternamen wird selektiert, sobald ein Filter-Kriterium im Dropdown selektiert wird. Falls im Dropdown kein Filter-Kriterium mehr selektiert ist,	OK

Aktion	Erwartung	Ergebnis
	Selektion der Checkbox wieder entfernen.	
Kombinationen von Filtern setzten und anschliessend anwenden	Die Tabelle der Videosignale wird anhand der Filter-Kriterien gefiltert und in der Tabelle der Fahrten werden nur die angezeigt, von welchen mindestens ein Videosignal dargestellt wird.	Nicht OK, wobei alle ausser dem Datums-Filter korrekt funktionieren. Bei der Filterung anhand des Datums werden Grenzwerte nicht richtig behandelt, wodurch einzelne Videosignale fälschlicherweise nicht angezeigt werden. Massnahme: Datums-Filter darf die Sekunden nicht beachten, weil diese über das Steuerelement gar nicht eingegeben werden können.

Tabelle 13: System-Test Filter setzen

Konfiguration ändern

Aktion	Erwartung	Ergebnis
GPS-COM-Port und Baudrate ändern	Status ändert von „Kein Empfänger“ auf „Kein Signal“ und anschliessend, falls GPS-Empfang gewährleistet, auf „OK“	OK
Videoempfänger ändern	Beim nächsten Start einer Fahrt wird dieser Videoempfänger verwendet	OK
Speicherort der Videos ändern	Beim nächsten Start einer Fahrt wird dieser Pfad verwendet	OK
Während einer Fahrt die Einstellungen Videoempfänger, COM-Port, Baudrate oder Speicherort des Videos ändern	Nicht möglich, dazu muss Fahrt gestoppt werden	OK
Kategorien werden hinzugefügt, bearbeitet oder gelöscht	Bei jeglicher Änderung einer Kategorie muss das Dropdown des Filters angepasst werden. Beim Bearbeiten muss zusätzlich in der Tabelle der Videosignale die Kategorie angepasst werden. Beim Löschen müssen die Videosignale, welche diese Kategorie verwenden, auf die Standard-Kategorie zurückgesetzt werden.	OK

Tabelle 14: System-Test Konfiguration ändern

5.9. Erweiterungsmöglichkeiten

Die im Kapitel 5.1 (System-Spezifikation) angesprochenen möglichen Erweiterungen der Software werden im diesen Kapitel aufgelistet und kurz erklärt. Alle diese Erweiterungen wurden jedoch aufgrund der knappen Zeit nicht umgesetzt.

Bessere Verwaltung der Detektionen

Um die speziellen Detektionsfälle abdecken zu können (siehe Kapitel 2.8) und besser in der Software zu unterstützen, wäre eine Erweiterung des Datenmodells und der Funktionalität der Software nötig. Wie im entworfenen Datenmodell in Abbildung 93 zu sehen ist, besteht die Erweiterung hauptsächlich aus dem Einfügen der neuen Datenklasse Videosequenz (Videosequence) zwischen Videosignal und Fahrt. Abgesehen vom Kommentar sind alle Attribute von Videosignal nach Videosequenz verschoben worden.

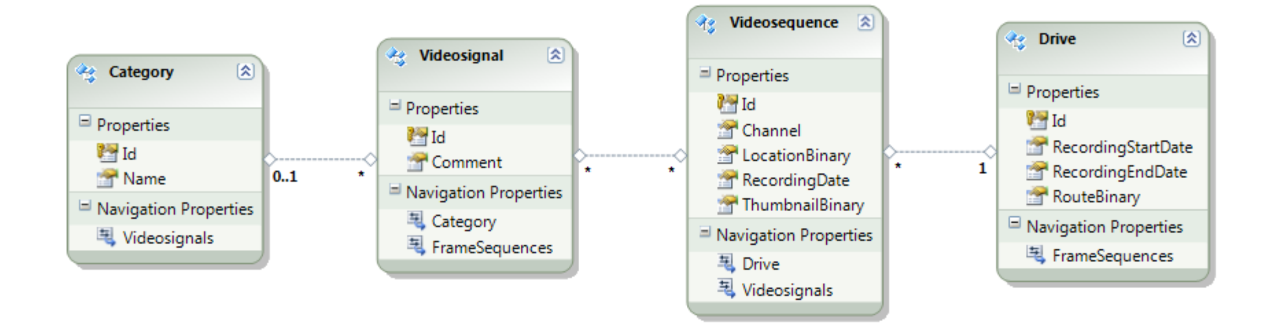


Abbildung 93: Erweitertes Datenbank-Modell

Der Vorteil dieser Erweiterung besteht darin, dass eine Videosequenz, welche mehrere Signale enthält, mehreren Videosignalen zugeordnet werden kann. Umgekehrt kann ein Videosignal auch mehrere Videosequenzen umfassen, falls mehrere Detektionen des gleichen Signals vorliegen. Damit wird den speziellen Detektionsfällen Rechnung getragen. Bei einer Detektion könnte standardmässig für eine Videosequenz gleichzeitig ein Videosignal erfasst werden. Dies würde den Normalfall abdecken, in welchem ein Videosignal nur einmal erkannt wird. Die anderen Fälle müssten vom Benutzer dann manuell über das GUI erledigt werden. Folgende Funktionen müssten dafür zusätzlich implementiert werden:

- *Mehrere Videosignale zusammenfassen (gleiche Kamera)*
  Aus den mehreren separaten Videosignalen, welche mehrere Videosequenzen des gleichen Signals (Kamera) enthalten, wird ein einziges Videosignal erstellt, zu welchem dann alle Videosequenzen gehören.
- *Mehrere Videosignale in einer Videosequenz separieren*
  Wenn mehrere Videosignale in einer Videosequenz aufgezeichnet wurden, kann der Benutzer die Videosequenz mehreren (neuen) Videosignalen zuordnen, wobei nur der entsprechende Teil in der Videosequenz dem Videosignal zugeordnet wird.

Audiofeedback

Damit eine neue Videosignal-Detektion einfacher wahrgenommen wird, wäre ein akustischer Alarm denkbar, wie dies teilweise auch bei Software für Wardriving angeboten wird. Ideal wäre dabei die Unterscheidung zwischen dem Erkennen des Videosignals und dem Zeitpunkt, wann der Empfangsbereich verlassen wird.

Bildqualität

Eine weitere sehr aufwendig umzusetzende neue Funktion wäre die Beurteilung der Videobilder gemäss Bildqualität. Diese Idee und die dazu nötigen Schritte wurden bereits im Kapitel 4.1 (Bildklassen) angeschnitten. Je nach Bildqualität könnten auch die Videosignal-Marker auf der Karte farblich angepasst werden und auch beim Audiofeedback wären Unterschiede denkbar.

Filterung der Resultate

Neue Filtermöglichkeiten könnten wie folgt umgesetzt werden:

- anhand der Bildqualität
- anhand des aktuell sichtbaren Kartenausschnitts
- geografisch anhand von einer Position und einem Radius

Statistik

Ein Statistik-Panel zur Anzeige von Zahlen zu den Erfassungsfahrten war eigentlich im Rahmen der Arbeit vorgesehen zur Umsetzung, aber die Implementierung war komplizierter als erwartet und wurde darum fallengelassen. Denkbar wären Zahlen zu erkannten Videosignalen oder Kameras pro Zeit oder pro gefahrenen Kilometer um die Resultate im Kontext des Aufwands zu sehen. Dazu wären Auswertungen möglich nach Videofunk-Kanal oder Kategorien.

Export

Die aufgezeichneten Daten werden abgesehen von den Videos alle in einer Datenbank abspeichert. Interessant wäre ein Export dieser Resultate in z.B. das KML Dateiformat, welches die Speicherung von Geoinformationen ermöglicht. Eine solche Datei liesse sich z.B. in Google Earth importieren, so dass die Resultate auch ohne den WVSH betrachtet und analysiert werden könnten. Für den Import in andere Statistikprogramme wäre ein Export als CSV denkbar.

Benutzungsfreundlichkeit

Die Bedienung des Programms würde durch folgende Erweiterungen komfortabler werden:

- Zoomen in der Karte erleichtern via Doppelklick (primär auf Computern ohne Maus mit Scrollrad hilfreich)
- Verschiedene Routen der Fahrten in unterschiedlichen Farben darstellen für eine einfachere Unterscheidung.
- Alle Detektionen einer Fahrt in der Karte speziell hervorheben, wenn die Fahrt selber in der Tabelle ausgewählt wird.
- Tabelle Fahrten: Button „Löschen“ deaktivieren anstatt eine Fehlermeldung anzuzeigen, wenn das Löschen nicht möglich ist, da die Fahrt gerade noch läuft
- Ansicht der Videosignal-Details: Button „Löschen“ deaktivieren anstatt eine Fehlermeldung anzuzeigen, wenn das Löschen nicht möglich ist, da die zugehörige Videosequenz noch nicht fertig geschrieben wurde
- Löschen von Videosignalen und Fahrten in der Tabelle mittels Delete-Taste
- Mehrfach-Selektion von Fahrten und Videosignalen ermöglichen, damit z.B. auch alle Videosignale miteinander gelöscht werden können
- Länge der aufgenommenen Videos in der Tabelle Videosignale anzeigen. Dieser Wert ist nur in der Videosignal-Detailansicht ersichtlich, ist jedoch nützlich bei einer Auswertung.

Weiteres

- Möglichkeit zur Benennung der Fahrten und Videosignale für bessere Identifizierung. Dieser Name könnte auch in den Filtern zusätzlich zur Nummer angezeigt werden.
- Zoom/Position auf Karte bei Applikationsstart konfigurierbar machen
- Bei Detektion der Videosignale auf der Karte die ganze Strecke einzeichnen, während welcher das Signal empfangen werden konnte. So ist es einfacher gleiche Kameras zu erkennen auch wenn von unterschiedlichen Seiten an das Signal heran gefahren wurde.
- Umschalten zwischen verschiedenen Kartentypen ermöglichen wie auf die Satellitenansicht für eine bessere Orientierung z.B. anhand der Häuser auf der Karte
- Andere Kartenansichten ebenfalls offline verfügbar machen, damit auch diese bei Erfassungsfahrten ohne Internetverbindung verfügbar sind.
- Schwellenwerte für Detektion eines Videosignals via GUI konfigurierbar machen (siehe Kapitel 4.4, Algorithmus, Abschnitt Verringerung der Fehldetektionsrate)

6. Testfahrten

In diesem Kapitel wird auf die selbst durchgeführten Testfahrten eingegangen.

6.1. Testsetup

Der schematische Aufbau des Testsetups wurde bereits in der Einleitung dieser Arbeit mit der folgenden Grafik beschrieben.

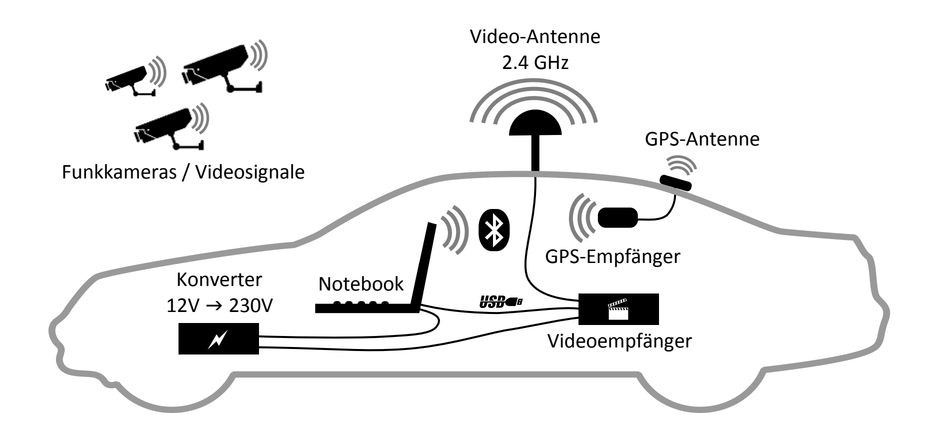


Abbildung 94: Aufbau Video-Hunting-System, schematisches Testsetup

Um einen besseren Eindruck zu erhalten, folgt untenstehend ein Foto des für die Testfahrten. genutzten Autos inkl. montierten Antennen. Die Antenne für den Videoempfänger verfügt über einen Saugnapf, welcher auch bei 70 km/h Fahrtgeschwindigkeit hält. Schneller wurde im Rahmen der Testfahrten nicht gefahren. Die GPS-Antenne ist magnetisch und hält so sehr gut auf dem Autodach.

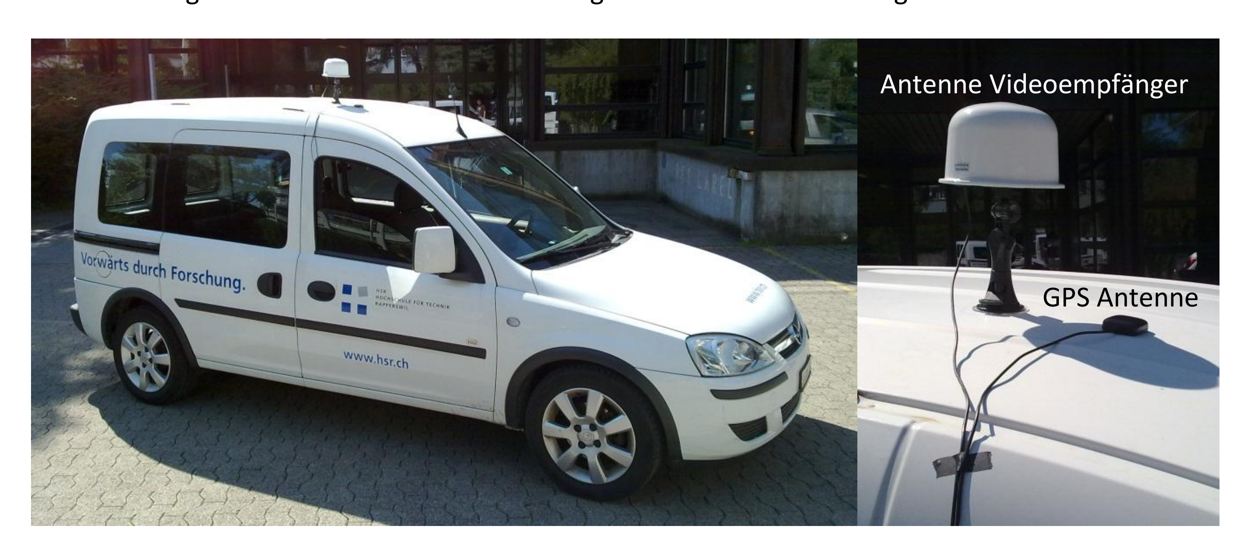


Abbildung 95: Auto mit Antennen für die Testfahrten

Die Testfahrten fanden in Rapperswil und Jona statt. Die nachfolgende Karte gibt einen Hinweis darauf, welche Strassen in etwa abgefahren wurden. Weiter als das Joner Industriegebiet Buech wurde nicht gefahren.

6.2. Hardware

GPS

Als GPS-Empfänger für die Testfahrten diente der Fortuna Clip-On. Dieses Gerät wird via Bluetooth mit dem Notebook verbunden. Weitere Details sind in der Produktbeschreibung zu finden [112]. Das Gerät muss für die Erfassungsfahrten in den ST Modus umgeschaltet werden, falls dies noch nicht der Fall ist (siehe Abbildung 96 für die Umstellung sowie unter [58]).
Im XT Modus kann der Empfänger auch schwache GPS-Signale mit verbesserten Algorithmen auswerten, die Aktualisierungsrate ist jedoch zu gering, so dass beim Betrieb mit dem Auto die Genauigkeit leidet [113]. Der ST Modus wird offiziell für den Betrieb im Auto empfohlen und liefert auch häufigere Positionsupdates. Das System wurde mit dem ST Modus betrieben, auch bei den Rundgängen zu Fuss. Der XT Modus wurde nie getestet.
Für den GPS-Empfänger wurde wie beim Videoempfänger eine externe Antenne verwendet für den besseren Signalempfang.



Abbildung 96: Umschaltung GPS Modus [114], Loch mit spitzen Stift verschieben

Notebook

Für die stationären Tests sowie die Testfahrten wurde ein leistungsfähiges Notebook von der HSR zur Verfügung gestellt. Dabei handelt es sich um folgendes Gerät:

Bezeichnung	Fujitsu Celsius H700
Beschafft bei	HSR
Prozessor	Intel Core i7 Q720 1.6 GHz (Quadcore)
RAM	3 GB nutzbar, total 4 GB installiert
Betriebssystem	Window XP SP3

Tabelle 15: Eigenschaften des Testnotebooks



Abbildung 93: Testnotebook

Videoempfänger

Als Videoempfänger und Antenne dafür wurden die bereits zuvor in der Arbeit beschriebenen Geräte verwendet (siehe Kapitel 3.2, Eingesetzter Empfänger resp. Kapitel 2.7, Antenne).

6.3. Resultate

Manuelle Erfassungsfahrt

Zu Beginn der Arbeit wurde mit dem Quad-Empfänger eine manuelle Testfahrt durchgeführt. Diese fand ohne Software und ohne GPS-Empfänger statt. Der Videoempfänger wurde an ein Notebook angeschlossen und die Bilder davon wurden mit dem Programm VirtualDub [57] abgegriffen und dargestellt (in Aufnahmemodus wechseln: „File“ > „Capture AVI“).

Die empfangenen Bilder wurden direkt während der Fahrt von Auge ausgewertet und die Positionen von gefundenen Videoübertragungen von Hand notiert. Ein Teil der Fahrten erfolgte im Auto (am Do, 24.03.2011), ein anderer Teil zu Fuss (am Do, 03.03.2011), wobei ein 12V Akku für die Speisung des Quad-Empfängers verwendet wurde.

Die Resultate der manuellen Erfassungsfahrten sind in der folgenden Karte ersichtlich. Es konnten total 12 Video-Funksysteme gefunden werden bei einem Zeitaufwand von ca. 5h. Nahe bei der Nummer 15 auf der Karte wurden drei Kameras entdeckt, welche sehr nahe nebeneinander aufgestellt sind. Darum sind die einzelnen Punkte bei der dargestellten Zoomstufe direkt übereinander eingezeichnet.

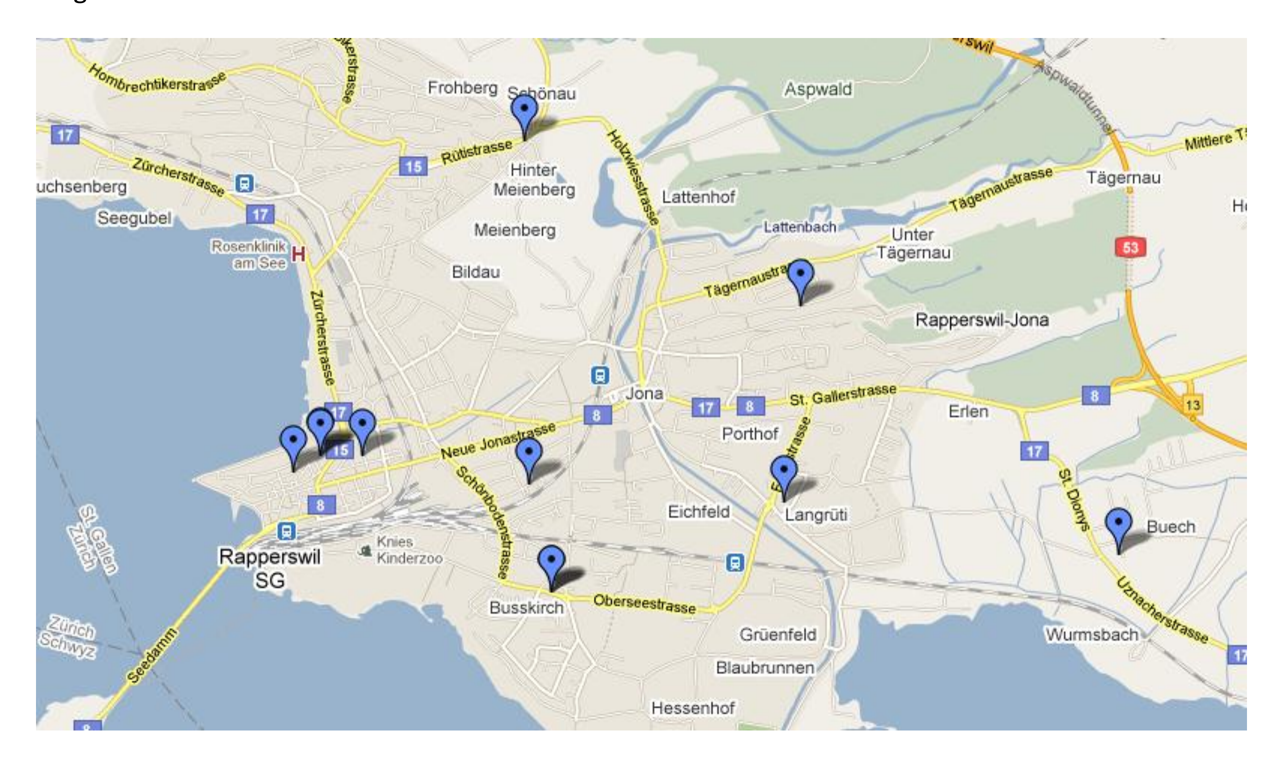


Abbildung 97: Ergebnisse von manuellen Testfahrten

Es konnten folgende Typen von Videoübertragungen entdeckt werden:

Beschreibung	**Anzahl**
Überwachungskamera	10
- Haus-/Wohnungseingang	5
- Laden allgemein	3
- Laden Kassenbereich	2
TV Übertragung	2

Tabelle 16: Liste der manuell entdeckten Videoübertragungen

Die Bilder dieser Videoübertragungen sowie deren genaue Position werden aus datenschutzrechtlichen Gründen weggelassen.

Erfassungsfahrt mit dem Video-Hunting-System

Bei Testfahrten mit dem WVSH (Aufbau siehe Kapitel 6.1) konnten sechs der zuvor entdeckten drahtlosen Videoübertragungen ebenfalls erkannt werden (für Details siehe Tabelle 17 sowie Abbildung 98). Die restlichen sechs Video-Funksysteme waren auch beim Betrachten der empfangenen Bilder von Auge nicht ersichtlich. Es ist zu vermuten, dass diese entweder nicht permanent im Betrieb sind oder aber entfernt wurden.

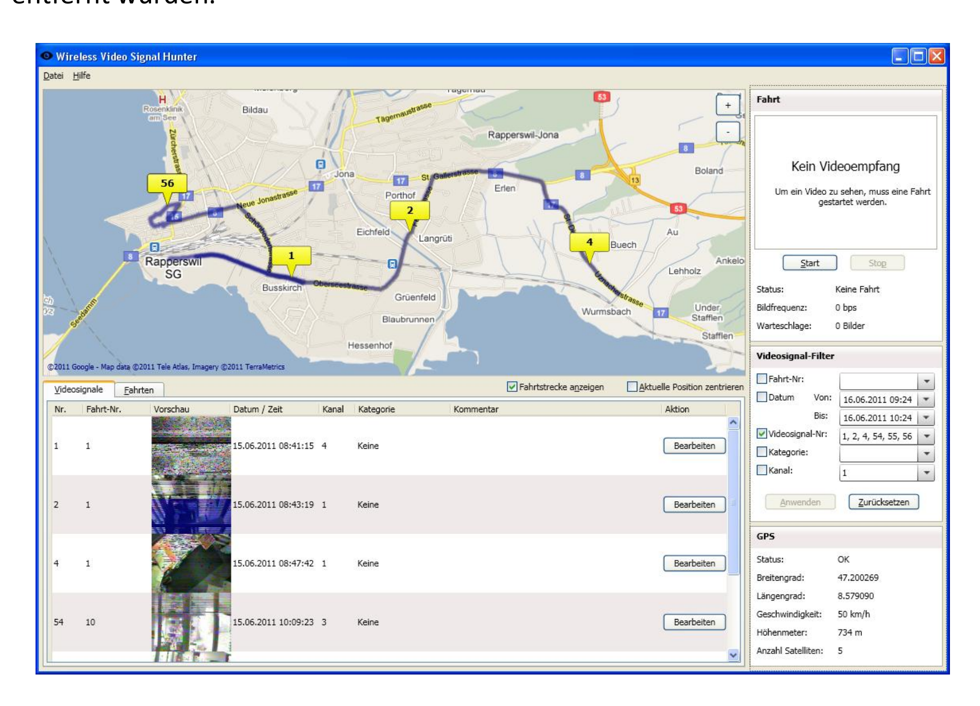


Abbildung 98: Resultate mit Hunting-System
beim Marker „56“ wurden total 3 Video-Funksysteme entdeckt

Da zwei der zuerst gefundenen drahtlosen Videoübertragungen für eine Übertragung von Fernsehsignalen genutzt werden, ist es nicht weiter erstaunlich, dass diese nicht immer genutzt werden. Dass diese bei den manuellen Erfassungsfahrten gefunden wurden, war wohl Glück. Drei der restlichen, nicht mehr auffindbaren Videolinks zeigen einen Haus- oder Wohnungseingang und der andere zeigte den Innenbereich eines Geschäfts. Bei einem dieser Videolinks war jedoch bereits bei Auswertung der manuellen Fahrt unklar, wo sich diese befand, da bei einem Teil der Aufnahmen die Ausrüstung ohne Interaktion in einem Rucksack betrieben wurde und die gefahrene Strecke nicht genau notiert worden war.

Es fanden mit dem Video-Hunting-System zwei Testfahrten statt: Am Fr, 03.06.2011 und am Mi, 15.06.2011, wobei nur die Resultate der zweiten Fahrt genauer ausgewertet wurden. Bei der ersten Fahrt wurden jedoch dieselben Kameras detektiert.

Beschreibung	**Anzahl**
Überwachungskamera	6
- Haus-/Wohnungseingang	2
- Laden allgemein	2
- Laden Kassenbereich	2
TV Übertragung	0

Tabelle 17: Liste der mit dem Video-Hunting-System detektierten Videoübertragungen

Auswertung

Es ist festzuhalten, dass alle der manuell entdeckten Kameras, welche bei den Testfahrten noch in Betrieb waren, auch vom Hunting-System zuverlässig erkannt wurden. Es gab einige Fehldetektionen während den Fahrten, welche durch ein spezielles Rauschen ausgelöst wurden. Eine Angabe zur Anzahl ist nicht aussagekräftig, da bei längerem Verweilen an einem Ort mit speziellem Rauschen mehrere Detektionen hintereinander ausgelöst wurden. Die Fehldetektionen während dem Fahren, waren jedoch in einem akzeptablen Bereich. Wenn die nahe beieinander liegenden Fehldetektionen zusammengefasst werden, so gab es 11 „Fehlalarme" bei 9 richtigen Detektionen. Diese Zahlen sind unter Berücksichtigung von einer totalen Fahrzeit von ca. 1h 10min und einer zurückgelegten Distanz von 17km in einem akzeptablen Rahmen.

Bleibt das GPS-Signal aus oder liegen die detektierten Videoübertragungen sehr nahe beieinander, so liegen die auf der Karte eingezeichneten Marker fast direkt übereinander und können von Auge nur schwer als mehrere Detektionen erkannt werden. In der Tabelle sind jedoch alle einzelnen Videosignale aufgeführt und durch Selektion wird der Marker des jeweils ausgewählten Videosignals auf der Karte in den Vordergrund gesetzt.

6.4. Befragung von Kamerabetreibern

Bei zwei drahtlosen Videoübertragungen, wo der genaue Standort einfach bestimmt werden konnte, wurden die Betreiber auf die Installation und die Datenschutzproblematik angesprochen. Aus datenschutzrechtlichen Gründen werden die Resultate dieser Anfragen anonymisiert präsentiert.

Geschäft 1

Die eine Kamera zeigte den Kassenbereich eines kleinen Ladens und war hinter der Verkäuferin montiert, filmte also über deren Schulter hinweg. Zudem können auch vorbeigehende Passanten gesehen werden (Beurteilung vgl. Abschnitt „Geschäft 2"). Die angesprochene Besitzerin gab nur zurückhaltend Auskunft und man merkte, dass ihr das Thema unangenehm war. Sie gab an, die Kamera selber beschafft zu haben, wollte jedoch nicht angeben, wo sie die Funkkamera gekauft hatte. Sie gab an, dass eine Aufzeichnung der Kamerabilder nicht statt fände. Sie war sich nicht bewusst, dass man die Kamerabilder auch noch draussen auf der Strasse sehr einfach anzapfen konnte. Sie zeigte jedoch

keinerlei Anstalten, dass sie die Kamera aufgrund dieser Problematik jetzt austauschen will. Bei einem erneuten Besuch etwa eine Woche später war die Kamera immer noch in Betrieb.

Beim Betreten des Ladens konnte kein Hinweisschild auf die Videoüberwachung erkannt werden. Auf eine Frage nach der Kennzeichnung zeigte die Besitzerin ein am Kassentisch in etwa Hüfthöhe montiertes Schild. Für Kunden wäre dieses Hinweisschild ohne Erklärung jedoch nur schwer zu erkennen. Dies entspricht nicht den Richtlinien des Datenschutzgesetzes (DSG), da der Hinweis für die betroffenen Personen klar ersichtlich sein muss.

Geschäft 2

In einem anderen kleineren Geschäft zeigten gerade zwei Funkkameras das Innere des Verkaufsraumes sowie eine auch einen Teil der Fussgängerzone. Der Besitzer dieses Ladens war sich über die Abhörmöglichkeit bewusst und dies störte ihn auch nicht, wie er offen zugab. Er habe die Kameras nur zur Abschreckung installiert und auch noch eine Kamera-Attrappe montiert. Die Kameras hat er in einem Coop Center selber gekauft.

Direkt an der Eingangstür zum Geschäft weist ein grosses Kamerasymbol auf die Videoüberwachung im Innern hin. Dass jedoch auch ein Teil der Fussgängerzone mitgefilmt ist, stösst sich mit dem Punkt „Verhältnismässigkeit“ des DSG. Dieser schreibt vor, dass nur die für den Zweck absolut nötigen Bilder aufgezeichnet werden dürfen. Da es dem Besitzer in erster Linie um die Abschreckung vor Diebstahl geht, dürfte die Fussgängerzone nicht im Blickfeld der Kamera sein. Problematisch ist dabei auch, dass ein Kunde oder ein Passant nicht damit rechnet bereits vor dem Geschäfts gefilmt zu werden, sondern erst beim Betreten des Verkaufsraumes. Wie viel Details von Passanten ausserhalb des Ladens jedoch auf den abgefangenen Bildern tatsächlich erkannt werden können und ob diese für eine Erkennung der Person ausreichen, müsste genauer untersucht werden.

Beurteilung

Dass beim Einsatz einer Überwachungskamera ein Hinweisschild nötig ist, scheint bekannt zu sein. Beide Geschäfte hatten dies montiert, auch wenn bei einem der Hinweis nicht direkt ersichtlich war. Die anderen datenschutzrechtlichen Punkte wie im Kapitel 7 (Rechtliche Aspekte) behandelt, wurden jedoch nicht beachtet. Wie in jenem Kapitel ausgeführt, verletzt der Einsatz der abhörbaren Funkkameras die Punkte Datensicherheit und Zweckbindung. Dass die Videoübertragung einfach angezapft werden kann, schien beide Parteien nicht gross zu stören. Wenn Kunden jedoch den Aufnahmebereich einer gut gekennzeichneten Kamera betreten, sind sie zwar mit der Aufzeichnung der Bilder einverstanden, aber vermutlich nicht mit deren ungeschützten Übertragung.

Die Installation einer Überwachungskamera ist einfach und schnell erledigt, es muss aber auch den datenschutzrechtlichen Bestimmungen Folge geleistet werden, damit der Einsatz rechtmässig ist. Eine Sammlung von Daten ist einfach, aber dass damit auch Pflichten und deren Schutz verbunden sind, scheint gerne vergessen zu gehen.

7. Rechtliche Aspekte

In diesem Kapitel geht es um die rechtlichen Aspekte beim Einsatz von Funkkameras sowie beim Abfangen der Funksignale in der Schweiz. Eine allgemeine, schweizweit anwendbare gesetzliche Grundlage wie ein „Videoüberwachungsgesetz“ gibt es dabei nicht. Zum einen gilt bei Videoaufnahmen durch Privatpersonen und Bundesorgane das Bundesgesetz über den Datenschutz (DSG), falls Personen auf den Kamerabildern direkt oder indirekt erkannt bzw. bestimmt werden können (Daneben gibt es noch spezielle Reglemente, wenn kantonale oder kommunale Behörden Videoaufnahmen machen). Zum anderen gilt in diesen Fällen auch das Persönlichkeitsrecht der Betroffenen gemäss dem Schweizerischen Zivilgesetzbuch (ZGB). Zudem sind die Abschnitte des Schweizerischen Strafgesetzbuches (StGB) über unbefugtes Aufnehmen/Abhören und über den „Hackerstraftatbestand“ zu beachten. Zum Thema „Empfang von nichtöffentlichen Informationen“ ist auch im Fernmeldegesetz (FMG) ein wichtiger Artikel zu finden.

Die hier präsentierte Beurteilung ist jedoch weder abschliessend noch rechtlich verbindlich. Aus diesem Grund und weil für eine genaue Rechtsprechung der konkrete Fall genau analysiert werden muss, sind die nachfolgenden Aussagen unverbindlich formuliert.

Für dieses Kapitel wurden zum einen Herr Claudio Fäh [115], Rechtsanwalt und Dozent für Datenschutzrecht an der HSR, sowie die Hotline des eidgenössischen Datenschutzbeauftragten konsultiert [116].

Situation in Deutschland

Vom Datenschutzbeauftragten des Bundeslandes Niedersachsen in Deutschland gibt es rechtliche Beurteilung [117] bzgl. des Einsatzes von Funk-Überwachungskameras. Diese entstand wohl im Anschluss an den Fernsehbeitrag vom NDR [25]. Da sie sich auf das deutsche Gesetz bezieht, ist sie nicht relevant für die Situation in der Schweiz, gibt allenfalls Anhaltspunkte. Zur rechtlichen Situation der Videoüberwachung im Privatbereich gibt es beim deutschen Technikportal Digital.World einen Artikel [118] bzgl. Datenschutz sowie Persönlichkeitsrecht.

Datenschutz

Das DSG ist relevant sobald auf den von einer Kamera aufgenommenen Bildern Personen direkt zu erkennen sind oder aber aufgrund des Bildmaterials bestimmt werden können. Ob die Bilder abgespeichert werden oder nicht, spielt hierbei keine Rolle. Alle Verarbeitungen dieser Bilder (Erfassen, Bekanntgeben, unmittelbares oder nachträgliches Anschauen oder Aufbewahren) müssen dann datenschutzkonform sein. Das DSG kommt jedoch auch bei der Aufnahme von Gesprächen (z.B. bei Kameras mit Mikrofon) zur Anwendung, sofern die Gespräche einen Rückschluss auf bestimmte oder bestimmbare Personen zulassen.

Bei den meisten Kamerainstallationen dürften vermutlich Bereiche gefilmt werden, in denen sich auch Personen aufhalten. Schliesslich werden Kameras oft zur Abschreckung oder Aufklärung benötigt, wobei der Mensch betroffen ist. Deshalb ist das DSG wohl in den meisten Fällen zu berücksichtigen.

Analoge Funkkameras werden primär von kleinen Geschäften sowie Privatpersonen eingesetzt und weniger von öffentlichen Institutionen (Kanton, Gemeinde). Aus diesem Grund ist bzgl. des Datenschutzes offiziell der Eidgenössische Datenschutz- und Öffentlichkeitsbeauftragter (EDÖB) zuständig und nicht der Datenschutzbeauftragte des jeweiligen Kantons [119, S. 8]. Da der EDÖB jedoch stark ausgelastet ist, geben die Datenschutzbeauftragten des Kantons gerne auch unverbindlichen Rat.

Zum Thema Datenschutz und Videoüberwachung gibt es das Merkblatt „Videoüberwachung durch private Personen" [120] des EDÖB, worin die wichtigsten Punkte für Betreiber von Kameras angesprochen werden. Weitere ähnliche Abhandlungen, welche zum Teil konkreter geschrieben sind, sind in den Magazinen Beobachter [121] und Blickpunkt:KMU [122] publiziert worden. Bei allen drei Quellen geht es jedoch allgemein um die Videoüberwachung und der Spezialfall Funkkameras wird nicht diskutiert. In einem Artikel über Überwachungskameras [123] vom Hauseigentümerverband Schweiz (HEV) wird zwar auf Funkkameras eingegangen, aber es wird in keiner Weise die Abhörgefahr erwähnt.

Im Folgenden werden die Punkte des Merkblatts vom EDÖB in Bezug auf die Kameraüberwachung in der vorliegenden Arbeit erläutert.

7.1. Betrieb von Kameras

In diesem Kapitel geht es um die datenschutzrechtliche Beurteilung beim Einsatz von Funkkameras, wie diese im Rahmen dieser Arbeit beschrieben werden.

Wenn das Datenschutzrecht relevant ist (siehe obiger Abschnitt) bei der eingesetzten Videoüberwachung, so muss der Betreiber gewisse Regeln einhalten. Der Einsatz von Videoüberwachung muss durch einen Rechtfertigungsgrund gedeckt sein.
Die Videoüberwachung muss durch die Einwilligung der betroffen Person, durch ein überwiegendes öffentliches oder privates Interesse oder ein Gesetz gerechtfertigt sein. Ein Ladenbesitzer hat z.B. ein Interesse daran, dass während seiner Abwesenheit kein Einbruch begangen wird und damit ein überwiegendes privates Interesse, welches den Einsatz einer Videoüberwachung rechtfertigt. Ein Rechtfertigungsgrund ist wohl meistens gegeben, da sonst nicht in eine Anlage investiert worden wäre.

Ist eine Videoüberwachung gerechtfertigt, so muss der Betreiber beim Einsatz und Aufbau des Systems noch die weiteren datenschutzrechtlichen Grundprinzipien erfüllen:

- Zweckgebundenheit (vgl. nachstehender Abschnitt)
- Integrität (der Betreiber muss für die Richtigkeit der Daten besorgt sein)
- Sicherheit (vgl. nachstehender Abschnitt)
- Transparenz (vgl. nachstehender Abschnitt zur Kennzeichnung)
- Verantwortung (Betreiber ist für den Umgang mit den Aufnahmen verantwortlich und muss einer betroffenen Person auch korrekt Auskunft erteilen können, vgl. nachstehender Abschnitt zum Auskunftsrecht)

Nur wenn alle diese Prinzipien erfüllt sind, sind eine Datenbearbeitung und damit auch eine Videoüberwachung rechtmässig und damit erlaubt. Vermutlich wissen jedoch die wenigsten Privatpersonen detailliert Bescheid über das DSG, da auch keine Registrierungs- oder Meldepflicht für Kameras

existiert und Verletzungen des DSG nur auf Antrag behandelt werden. Dieser Punkt ist auch bei den folgenden Punkten im Hinterkopf zu behalten.

Kennzeichnung

Alle Personen, welche in den Aufnahmebereich einer Kamera treten, müssen mit einem gut sichtbaren Hinweisschild oder auf andere angemessene Weise über die Überwachung informiert werden. Bei einem Einsatz in einem Geschäft müssen beispielsweise alle möglicherweise Betroffenen über den Einsatz der Kameras informiert werden. Versteckte Aufnahmen seien nicht zulässig [116].

Ob die Kennzeichnung gegeben ist, kann nur beurteilt werden, wenn der genaue Standpunkt der Kamera eruiert werden kann. Wenn ein Schild fehlt, so entdeckt man die Kamera nur selten. Wird eine Kamera im Privatbereich eingesetzt, so denken vermutlich die wenigsten an deren Kennzeichnung, da dadurch potentielle Einbrecher gewarnt würden und die Installation umgehen könnten.

Bei ersten Testfahrten wurden Bilder empfangen, welche den Haus- oder Wohnungseingang zeigen. Auch solche Kameras müssten gekennzeichnet werden. Bei diesen Kameras handelt es sich vermutlich um nachträglich installierte Systeme, um zu sehen, wer die Klingel betätigt hat, bevor die Türe geöffnet wird. Bei fest installierten Systemen mit Kabel sei es generell so, dass erst nach dem Klingeln die Kamera aktiviert werde und sonst keine Bilder aufgezeichnet würden [116], ganz im Gegensatz zu den entdeckten Systemen, welche kaum mit der Klingel gekoppelt sind. Meistens seien diese Systeme auch auf Augenhöhe montiert, so dass die Kamera gut erkannt werden kann und der Betroffenen sich dann entscheiden kann ob er läuten mag oder nicht. Die empfangenen Bilder lassen jedoch darauf schliessen, dass die nachträglich installierten Funkkameras über der Kopfhöhe und somit nicht direkt im Blickfeld allfälliger Besuchter installiert sind. Somit sei eine spezielle Kennzeichnung nötig. Es sei auch die Verhältnismässigkeit einer ununterbrochenen Aufzeichnung zu stellen.

Wenn die Kamera klar ersichtlich (z.B. mit einem Hinweisschild versehen) aufgestellt wird, kann von der Einwilligung der aufgezeichneten Personen ausgegangen werden. Dies heisst aber nicht, dass die aufgenommenen Personen auch mit der ungeschützten Übermittlung der Aufzeichnungen einverstanden sind (siehe Abschnitt Persönlichkeitsrecht im Kapitel 7.2, Abfangen der Bilder).

Auskunftsrecht

Wird im Hintergrund eine Datensammlung aufgebaut, so muss für die Betroffenen ersichtlich sein, bei wem sie ihr Auskunftsrecht geltend machen können. Eine Datensammlung liegt bereits vor, wenn die Aufnahmen gespeichert und nicht innert vernünftiger Frist (bspw. 24h) gelöscht werden. Eine Datensammlung wird vermutlich nur selten aufgebaut. Genau kann dies von Aussenstehenden jedoch nicht beurteilt werden.

Datensicherheit

Die Personendaten müssen durch angemessene technische und organisatorische Massnahmen vor jeglichem unbefugtem Bearbeiten geschützt werden. Zum Beispiel dürfen nur berechtigte Personen die Bildschirme sehen und gespeicherte Daten müssen sicher verwahrt werden.

Dieser Punkt ist bei den in dieser Arbeit speziell betrachteten analogen Funkkameras nicht gegeben. Die Bilder werden ungeschützt über freie Frequenzen versendet. Die Datensicherheit wird hiermit erheblich verletzt, meistens wohl unwissend.

Verhältnismässigkeit

Die Videoüberwachung muss geeignet und notwendig sein um das gewünschte Ziel der Sicherheit (Schutz von Personen oder Sachen) zu erreichen. Sie ist nur erlaubt, wenn andere Massnahmen, die das Privatleben weniger beeinträchtigen (wie Verriegelungen oder Alarmsysteme), ungenügend oder nicht durchführbar sind. Die Kamera muss weiterhin so installiert werden, dass nur die für den verfolgten Zweck absolut notwendigen Bilder in ihrem Aufnahmebereich erscheinen. So darf z.B. eine Kamera, welche eingerichtet wurde, um den heimischen Garten zu überwachen, nicht auch noch den Garten des Nachbarn oder das Trottoir filmen. Wird der Eingangsbereich eines Geschäfts überwacht, so ist zu beachten, dass nicht die ganze Fussgängerzone vor dem Geschäfts ebenfalls im Blickwinkel der Kamera liegt. Ist die Kamera und deren Ausrichtung sichtbar, so gibt dies bereits einen guten Hinweis aber ganz genau kann man es nur beurteilen, wenn ein Bild der Kamera vorliegt.

Zweckbindung

Die Daten dürfen nur für den Schutz von Personen und Sachen benutzt werden, nicht für andere Zwecke. So dürfen die Daten auch nicht bekannt gegeben werden, ausser in dem durch das Gesetz vorgesehenen Fällen. Sicherheitsaufnahmen dürfen z.B. nicht für Marketingzwecke genutzt werden oder an Dritte weitergeben noch verkauft werden.

Die interne Verwendung der Daten kann von Aussenstehenden nicht beurteilt werden. Bei den analogen Funkkameras findet jedoch eine unerlaubte Weitergabe der Bilder an Fremde statt (es besteht kein Rechtfertigungsgrund), dies meistens wohl unwissend.

Aufbewahrungszeit

Prinzipiell müssen die Aufnahmen innert kürzester Zeit gelöscht werden, wenn keine Ereignisse entdeckt wurden. Im Normalfall werden Beschädigungen oder Personenverletzungen schnell festgestellt und eine Frist von 24h genügt. In privaten Räumen oder wenn bei der Überwachung datenschutzfreundliche Technologien (wie Privatsphärenfilter) in Verbindung mit verschlüsselter Speicherung verwendet werden, dürfen die Daten länger aufbewahrt werden. Bei einer Ferienabwesenheit dürfen Aufnahmen beispielsweise länger aufbewahrt werden, sie müssen jedoch nach Rückkehr des Verantwortlichen möglichst bald gelöscht werden.

Ob die Kamerabilder tatsächlich aufgezeichnet werden und wie lange diese gespeichert werden, kann von Aussenstehenden wiederum nicht beurteilt werden. Findet die Aufzeichnung analog statt, ist jedoch zu vermuten, dass die Aufnahmen nicht sehr lange aufbewahrt werden, da dazu viele Speichermedien nötig sind und eine Archivierung für Private nicht in Frage kommt. Bei der digitalen Speicherung ist eine Aufbewahrung jedoch sehr einfach und verführerisch.

Viele Punkte des DSG bzgl. Videoüberwachung können für Aussenstehende gar nicht beurteilt werden. Es kann jedoch gesagt werden, dass Betreiber analoger Funkkameras bei deren Einsatz die Punkte Datensicherheit und Zweckbindung wohl in den meisten Fällen verletzen.

Kameras am Arbeitsplatz

In den Videobeiträgen vom NDR [25] und vom ZDF [27] wurden viele Funkkameras in kleinen Geschäften entdeckt, wobei teilweise Mitarbeiter über längere Zeit im Aufnahmebereich der Videokamera waren, wie z.B. im Kassenbereich. Zur Überwachung am Arbeitsplatz gibt es jedoch spezielle Regelungen, welche hier kurz angeschnitten werden sollen.

Grundsätzlich ist es dem Arbeitgeber erlaubt, seine Mitarbeiter zu kontrollieren, sofern dies im Rahmen des Arbeitsverhältnisses erforderlich ist (vgl. Art. 328b Obligationenrecht (OR)). Dabei darf er jedoch deren Persönlichkeitsrechte nicht verletzen. Das Verhalten der Mitarbeiter darf nicht überwacht werden, nur das Arbeitsergebnis und die Einhaltung der Arbeitspflichten.

Eine grundlose allgemeine Überwachung ist nicht zulässig. Eine Überwachung ist zunächst grundsätzlich gerechtfertigt, wenn einer der nachfolgenden Punkte erfüllt wird [125]. Rechtmässig ist eine Überwachung erst, wenn alle datenschutzrechtlichen Grundprinzipien eingehalten werden.

- Gesetzliche Grundlage
- Überwiegendes öffentliches oder privates Interesse[4]
- Zustimmung der Betroffenen

Auch die Verhältnismässigkeit muss bewahrt bleiben. So muss die Überwachung zur Durchführung des Arbeitsvertrages geeignet und erforderlich sein. Auch dürfen die Aufnahmen nur zweckgebunden ausgewertet werden. Die Information der Angestellten über die Überwachung ist grundsätzlich nötig und ihnen ist zudem ein Mitspracherecht vor Einsatz der Kameras zu gewähren. Mit der Information wird die Einwilligung der Angestellten eingeholt. Bei einem Notfall oder wenn bei der Aufklärung einer Straftat ein richterliche Verordnung vorliegt, ist das Auskunftsrecht (vgl. Art. 8 DSG) eingeschränkt [124] [125]. Zudem dürfen in einem Strafverfahren gestützt auf das Gesetz bspw. zur Aufklärung einer Straftat Personendaten bearbeitet werden, ohne dass die betroffene Person darin einwilligen muss oder ein Mitspracherecht hat.

Beim EDÖB ist in weiteren Merkblättern beispielsweise aufgeführt, dass

- die Videoüberwachung von Kioskangestellten verboten ist.
  http://www.edoeb.admin.ch/themen/00794/00800/00911/00913/index.html?lang=de
- bei der Videoüberwachung in Banken und Warenhäusern das Personal kaum bzw. nicht ständig im Bild aufgenommen werden soll.
  http://www.edoeb.admin.ch/themen/00794/00800/00911/00914/index.html?lang=de
- der Arbeitgeber zum Schutze seiner eigenen Interessen (z.B. Diebstahlschutz) berechtigt ist, Videoüberwachungssysteme an strategischen Orten innerhalb der Firma einzusetzen, wie z.B. an Ein-/Ausgängen, Fenstern, Garderoben etc.
  http://www.edoeb.admin.ch/themen/00794/00800/00911/00916/index.html?lang=de

[4] Ein überwiegendes Interesse des Arbeitgebers fällt unter anderem in Betracht, wenn er Personendaten eines Bewerbers bearbeitet, um dessen Eignung für eine Arbeitsstelle zu überprüfen (z.B. Einholen einer Auskunft von einer im Lebenslauf genannten Referenz) (Art. 328b OR).

7.2. Abfangen der Bilder

Das Aufzeichnen der Funksignale der Kameras durch Aussenstehende wird in diesem Kapitel aus rechtlicher Sicht beurteilt. Es kann nicht kontrolliert bzw. festgestellt werden, ob jemand die Signale versteckt aufzeichnet, da diese ja per Funk bis zu 100m weit übertragen werden. Für eine Verwendung der Resultate einer Kamera-Erfassungsfahrt ist der rechtliche Kontext jedoch relevant. Bei rechtlichen Fragen in dieser Hinsicht half Herr Claudio Fäh [115] weiter.

Hackerstraftatbestand

Der sogenannte „Hackerstraftatbestand" (Unbefugtes Eindringen in ein Datenverarbeitungssystem, Art. 143bis StGB) dürfte nicht erfüllt sein, da die Funkkameras nicht besonders gegen unbefugten Zugriff gesichert sind: Die Bildübertragung erfolgt unverschlüsselt und zudem im frei zugänglichen 2.4 GHz ISM Band. Die benötigen Videoempfänger sind frei im Handel erhältlich.

Aufzeichnung von Gesprächen

Wenn die Aufzeichnung der Kamerasignale neben den Bildsequenzen auch die Aufzeichnung von nichtöffentlichen Gesprächen ermöglicht, so wird möglicherweise der Straftatbestand des unbefugten Aufnehmens von Gesprächen erfüllt (Art. 179bis StGB). Gemäss Bundesgerichtsentscheid vom März 1992 (BGE 118 IV 67 S. 71) gelten jedoch Gespräche grundsätzlich als öffentlich und dürfen somit aufgezeichnet werden, wenn für deren Übermittlung frei zugängliche Frequenzen genutzt werden, welche mit üblichen Empfängern empfangen werden können.

Mit der Aufzeichnungssoftware dieser Arbeit können nur Bildsequenzen aufgezeichnet werden. Wird der Empfänger jedoch direkt genutzt und auf nur einen Kanal eingestellt oder ein anderer Empfänger genutzt, so können auch Audiosignale aufgezeichnet werden, wenn die Kamera über ein Mikrofon verfügt. Da Sendegeräte jedoch das frei zugängliche 2.4 GHz ISM Band nutzen, gelten die Gespräche in der Regel als öffentlich und Art. 179bis des StGB trifft nicht zu.

Wenn jedoch eine Person jemanden besucht, der eine Kamera installiert hat mit Tonübertragung, so weiss die Person unter Umständen gar nichts von dieser Installation. Wenn der Besuch nicht darüber informiert wird, so fällt das Gespräch grundsätzlich unter Art. 179bis StGB. Unter diesen Umständen könnte sich auch der Betreiber der Anlage selber strafbar machen, wenn er den Besuch nicht über die Überwachung informiert (Art. 179 StGB).

Fernmeldegesetz

Gemäss Fernmeldegesetz könnte jedoch bereits der Empfang der Bildsequenzen den Tatbestand des unbefugten Verwertens von nichtöffentlichen Informationen entsprechen (Art. 50 FMG). Denn laut Art. 1-3 des FMG sollten auch Übermittlungen von Privaten unter das FMG fallen. Als „nichtöffentlich" bezeichnet man in der Regel Informationen, welche nur einem eingeschränkten Kreis von Personen zugänglich ist.

Der zuvor genannte BGE bezieht sich nur auf Art. 179bis des StGB und soweit ersichtlich nicht auch auf das Fernmeldegesetz. Darum ist unklar, ob die so übertragenen Informationen nicht als öffentlich gelten könnten. Bezüglich des Fernmeldegesetzes ist eine genauere Prüfung des Öffentlichkeitsbe-

griffs nötig um eine klare Aussage treffen zu können[5]. Als „unbefugte Verwendung“ bezeichnet man in der Regel jene Verwendung der Informationen, welche ohne Zustimmung der betroffenen Person erfolgt.

Datenschutzgesetz

Die Aufzeichnung der Videosignale dürfte eine Verletzung des DSG darstellen (auch wenn erkennbare Personen nachträglich unkenntlich gemacht würden), da es sich um eine widerrechtliche Datenbearbeitung im Sinne des DSG handelt. Die Bearbeitung ist wiederrechtlich, da dem Bearbeiter (Empfänger der Signale) die rechtliche Grundlage für die Bearbeitung fehlt: Die Aufzeichnung stellt bereits eine Datenbearbeitung i.S.v. Art. 3 lit. e DSG dar. Der Bearbeiter benötigt also bereits für die Aufzeichnung einen Rechtfertigungsgrund i.S.v. Art. 13 DSG, welcher in der Regel nicht vorliegt.

Man weiss jedoch im Vornherein nicht, ob auf den Kamerabildern Personen zu erkennen sind und somit das DSG anzuwenden ist oder ob die Perspektive, der Einsatzort oder die Qualität der Bilder eine solche Erkennung erst gar nicht möglich machen und das DSG nicht relevant ist.

Unbefugtes Beschaffen von Personendaten

Eine unbefugte Beschaffung von besonders schützenswerten Personendaten wie bspw. gespeicherte Videoaufnahmen einer Arztpraxis ist gemäss Art. 179novies StGB strafbar. Das „Anzapfen“ von aufgezeichneten Aufnahmen dürfte gegenüber „Live-Aufnahmen“ technisch jedoch eher schwierig sein.

Persönlichkeitsrecht

Je nach Standort der Videokamera (z.B. im Privatbereich) könnte die Persönlichkeit der Betroffenen verletzt werden durch die Bearbeitung der Bilder (Art. 28 Abs. 2 ZGB). Problematisch ist hier, dass man im Vornherein nicht weiss, was man zu sehen bekommt. Je geheimer bzw. persönlicher ein aufgenommener Bereich ist, desto eher ist davon auszugehen, dass die Aufzeichnung solcher Bilder durch Fremde widerrechtlich ist. Der Privatbereich einer Person umfasst deren Intimsphäre, ist jedoch weiter zu fassen. Es gehört auch die eigene Wohnung sowie der Garten dazu, falls diese für die Öffentlichkeit nicht vollständig einsehbar sind. Für eine Aufzeichnung von Bild und Ton in diesem Bereich muss die Einwilligung der Person vorliegen oder aber ein überwiegendes privates oder öffentliches Interesse oder eine Rechtfertigungsnorm in einem Gesetz.

Hierbei stellt sich die Frage, ob die Aufstellung einer Funkkamera, welche die Informationen ungeschützt übermittelt, bereits als Einwilligung gilt. In den meisten Fällen wissen die Betreiber der Kamera jedoch vermutlich nicht, dass auch Aussenstehende diese Informationen sehr einfach abgreifen können. In Bezug auf das DSG und Art. 28 ZGB spielt es keine Rolle, ob ein Betreiber sich des Risikos bewusst ist oder nicht. In Bezug auf eine durch den Betreiber allenfalls erfüllte strafrechtliche Norm ist dies jedoch relevant. Bei einem durchschnittlichen, technisch nicht versierten Menschen kann man sich fragen, ob dieser sich des Risikos bewusst sein müsste. Wenn nicht, dann würde er sich nur fahrlässig Verhalten. Wenn er sich des Risikos bewusst wäre, dann würde er (eventual-)vorsätzlich

---

[5] z.B. unter „Fernmeldegesetz (FMG) : Vernehmlassungsentwurf vom 30. August 1995 : Gesetzesentwurf und Erläuternder Bericht / [Bundesamt für Kommunikation]“ oder „Fernmeldegesetz 1993 / hrsg. von Hanns Kratzer, Alfred Stratil“ (vgl. www.nebis.ch)

handeln. Gewisse Strafbestimmungen sehen eine Bestrafung nur bei vorsätzlichem, nicht aber bei fahrlässigem Handeln vor (vgl. z.B. Art. 35 DSG).

Analog zum DSG stellt in der Regel schon die Betrachtung der Bilder eine widerrechtliche Persönlichkeitsverletzung i.S.v. Art. 28 Abs. 2 ZGB dar.

7.3. Strafbarkeit

Hinsichtlich von Strafen aufgrund der Verletzung der in den vorangehenden Kapiteln diskutierten Gesetzen gilt folgendes:

- **Hackerstraftatbestand**: Bestrafung mit einer Freiheitsstrafe von bis zu fünf Jahren oder Geldstrafe.
- **Abhören von Gesprächen**: Die Verletzung von Art. 179bis StGB wird auf Antrag mit einer Freiheitsstrafe von bis zu drei Jahren oder Geldstrafe bestraft.
- **Unbefugtes Beschaffen von Personendaten:** Bestrafung auf Antrag mit Freiheitsstrafe von bis zu drei Jahren oder Geldstrafe.
- **Fernmeldegesetz**: Der geschilderte Verstoss gegen das FMG wird mit einer Freiheitsstrafe von bis zu einem Jahr oder Geldstrafe bestraft.
- **Datenschutzgesetz**: Bei Verstössen sind Strafen vorgesehen, jedoch nur bei vorsätzlichen Verletzungen und auf Antrag [127].
  Die im DSG beschriebenen Strafen umfassen lediglich Bussen. Bestraft werden jedoch nur Verletzungen der Auskunfts-, Melde- und Mitwirkungspflichten. Für die oben entdeckten Verstösse gegen das DSG sind im DSG grundsätzlich keine Strafen festgelegt, obwohl es sich um einen fahrlässigen Umgang mit den Aufnahmen handelt. Eine „Strafe" durch die Erfüllung einer strafrechtlichen Norm könnte im Falle des Betreibers bei Vorliegen von Art. 179ter StGB oder durch andere Personen bei Art. 179novies StGB auferlegt werden.
  Zu denken wäre höchstens an Art. 35 DSG, welcher jedoch Vorsatz erfordert. Dabei geht es um besonders schützenswerte Personendaten. Eine Bestrafung erfolgt auf Antrag mit Busse.
- **Persönlichkeitsrecht**: Verletzungen des Persönlichkeitsrechts, werden in einem zivilrechtlichen Verfahren behandelt, dafür ist ebenfalls ein Antrag nötig [127].
  Der Kläger kann verlangen, dass die Datenbearbeitung gesperrt wird, die Personendaten berichtigt oder vernichtet werden [126]. Möglich wäre auch eine Klage auf Schadensersatz und Genugtuung (Art. 28a Abs. 3 ZGB).

7.4. Beurteilung betreffend dieser Arbeit

Gemäss Beurteilung von Herrn Claudio Fäh könnten sich Journalisten wie bspw. jene vom Kassensturz unter Umständen auf die Wahrung berechtigter Interessen stützen, wenn sie geltend machen, dass ein durch sie durchgeführtes „Warviewing" in erheblichem Interesse einer breiteren Öffentlichkeit über die Aufklärung allfälliger Missstände in diesem Bereich steht. Für Kamera-Erfassungsfahrten ausserhalb des Einsatzziels solcher Ermittlungen müsste die Situation nochmals neu beurteilt werden.

Wie aus den vorangehenden Schilderungen zu entnehmen ist, ist die rechtliche Lage nicht eindeutig. Für eine genauere Recherche in einschlägiger Literatur und Rechtsurteilen fehlte die Zeit, da bereits

diese grobe Analyse aufwendiger war als gedacht. Eine erste oberflächliche Suche brachte keine Resultate über gültige Rechtsurteile. Dies liegt vermutlich daran, dass ein Aufzeichnen unbemerkt geschieht und Verstösse gegen das DSG oder das Persönlichkeitsrecht nur auf Antrag verfolgt werden. Weiterhin gab es wohl bisher auch keinen gravierenden Fall, bei dem ein Rechtsverfahren für nötig befunden wurde. Schliesslich nahm der Einsatz von Funkkameras erst seit relativ kurzer Zeit erheblich zu.

Sollten Bilder von den Kamera Erfassungsfahrten publiziert werden, so sind die darauf zu erkennenden Personen auf jeden Fall unkenntlich zu machen. Um dem DSG strikt zu folgen, müsste dies direkt bei der Aufnahme erfolgen, da bei der manuellen Bearbeitung die Personen bereits erkannt werden könnten und bereits das Aufzeichnen oder Betrachten der Bilder eine Bearbeitung von Personendaten darstellt (sofern Personen darauf erkannt werden können). Daran ändert sich nichts, wenn heikle Bilder im Nachhinein gelöscht werden. Auf das Argument, dass eine automatische Korrektur nicht zuverlässig umsetzbar sei, erwiderte der angefragte Mitarbeiter des eidgenössischen Datenschutzes, dass eine nachträgliche Bearbeitung zur Unkenntlichmachung einer Person in Ordnung sei [116].

Eine Veröffentlichung der gefundenen Funkkameras z.B. in Form einer Karte ist nur zulässig, wenn die Daten genügend stark anonymisiert wurden. Eine Angabe der Ortschaft mit der Anzahl der gefundenen Kameras dürfte dieses Kriterium grundsätzlich erfüllen.

8. Schlussfolgerungen

Resultate

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Hunting-System für Erfassungsfahrten von drahtlosen Videoübertragungen entwickelt. Der resultierende Prototyp erfüllt alle gestellten Anforderungen, welche die Detektion, Lokalisierung und Analyse von Videosignalen umfassen. Der für das System benötigte Videoempfänger und die erforderliche Antenne wurden evaluiert und erfolgreich eingesetzt.

Der Bilderkennungs-Algorithmus, welcher im zweiten Teil der Arbeit mittels Data Mining erarbeitet wurde und die Unterscheidung zwischen Rauschbild und Videobild erlaubt, erreicht eine Klassifizierungsgenauigkeit von über 98%. Dieses Validierungsergebnis ist unerwartet hoch, muss jedoch in Anbetracht der Tatsache, dass pro Sekunde ca. 100 Bilder beurteilt werden müssen, etwas relativiert werden. Das Ergebnis des Algorithmus wurde noch verbessert, in dem erst bei mehreren Videobildern eine Videosignal-Detektion ausgelöst wird, womit einzelne Fehlklassifizierungen ausgemerzt werden.

Wie erste Testfahrten zeigten, funktioniert die Detektion von drahtlosen Videoübertragungen zuverlässig. Alleine in Rapperswil-Jona wurden 12 Video-Funksysteme aufgespürt, was die anfänglichen Schätzungen bei weitem übertrifft. Die Befürchtung, dass es zu wenige solche Systeme gibt und sich die Entwicklung des Prototyps gar nicht lohnt, hat sich als unbegründet erwiesen. Das Hunting-System liefert gegenüber der manuellen Suche von Videofunk-Systemen einen bedeutenden Mehrwert. Einerseits können automatische Erfassungsfahrten durchgeführt und andererseits die erfassten Videofunk-Systeme im Hunting-System verwaltet werden.

Verbesserungen

Der Prototyp bietet für Erfassungsfahrten die geforderte Grundfunktionalität. In der Visualisierung könnten einige Verbesserungen angebracht werden, welche das Verwalten der Videosignale komfortabler gestalten. Grosses Verbesserungspotential liegt bei der Bilderkennung, welche in der aktuellen Lösung sehr rechenintensiv ist und pragmatisch durch leistungsfähige Hardware wettgemacht wird. Durch detaillierteres Studium der Videosignale und der Signalverarbeitung im Videoempfänger könnte ein effizienterer und schnellerer Bilderkennungs-Algorithmus entwickelt werden. Dabei wären auch andere Videoempfänger zu beachten, bei welchem beispielsweise auf das Synchronisationssignal der Videosignale zugegriffen werden kann. Damit würde sich die Bilderkennung unter Umständen auch bezüglich der Klassifizierungsgenauigkeit nochmals verbessern.

Ausblick

Nach Abschluss der Arbeit wird der entwickelte „Wireless Video Signal Hunter“ dem Kassensturz für grossflächige Testfahrten übergeben. Dank der Automatisierung der Kameraerkennung ermöglicht der Wireless-Video-Hunting Prototype umfangreichere Testfahrten und damit statistisch abgesicherte Aussagen über die Verbreitung von abhörbaren Video-Funksystemen in der Schweiz.

Interessant wäre auch noch die Anbindung anderer Videoempfänger, welcher beispielsweise digitale oder im 5.8 GHz-Band übertragene Videosignale empfangen könnte.

9. Anhang

9.1. Erklärung über die eigenständige Arbeit

Die vorliegende Arbeit basiert auf Ideen, Arbeitsleistungen, Hilfestellungen und Beiträgen gemäss folgender Aufstellung. Die nicht angegebenen Kapitel wurden gemeinsam erarbeitet, wobei auch die anderen Kapitel auf Ideen von beiden basieren.

Gegenstand, Leistung	**Person**	**Funktion**
Kapitel 1.3, 2, 4.3, 4.4, 4.6, 5.5, 5.8, 9.4, 9.6 Testfahrten, Software-Entwicklung	Florian Hungerbühler	Autor der Arbeit
Kapitel 1, 2.7, 3, 4.1, 4.2, 4.5, 5.4, 5.9, 6, 7, 9.1, 9.8 Testfahrten, Software-Entwicklung	Raphael Neumann	Autor der Arbeit
Idee, Aufgabenstellung, Betreuung während der Arbeit	Prof. Dr. Peter Heinzmann	Betreuer
Hilfestellung bei den rechtlichen Aspekten, Gegenlesen des Kapitels 7	Claudio Fäh	Rechtsanwalt und Dozent für Datenschutzrecht an der HSR

Ich erkläre hiermit,

- dass ich die vorliegende Arbeit gemäss obiger Zusammenstellung selber und ohne weitere fremde Hilfe durchgeführt habe,
- dass ich sämtliche verwendeten Quellen erwähnt und gemäss gängigen wissenschaftlichen Zitierregeln korrekt angegeben habe.

Rapperswil, 17.06.2011 ....

Florian Hungerbühler, Student

Rapperswil, 17.06.2011 ....

Raphael Neumann, Student

9.2. Rechtevereinbarung

Gegenstand der Vereinbarung

Mit dieser Vereinbarung werden die Rechte über die Verwendung und die Weiterentwicklung der Ergebnisse der *Bachelorarbeit „Hunting Wireless Video Signals“* von Florian Hungerbühler und Raphael Neumann unter der Betreuung von Prof. Dr. Peter Heinzmann geregelt.

Urheberrecht

Die Urheberrechte stehen den Studenten zu.

Verwendung

Die Ergebnisse der Arbeit dürfen sowohl von allen an der Arbeit beteiligten Parteien, d.h. von den Studenten, welche die Arbeit verfasst haben, vom verantwortlichen Professor sowie vom Projektpartner verwendet und weiter entwickelt werden. Die Namensnennung der beteiligten Parteien ist bei der Weiterverwendung erwünscht, aber nicht Pflicht.

Rapperswil, 17.06.2011 ....

Florian Hungerbühler, Student

Rapperswil, 17.06.2011 ....

Raphael Neumann, Student

Rapperswil, 17.06.2011 ....

Dr. Prof. Peter Heinzmann, Betreuer
cnlab AG, Projektpartner

9.3. Videoempfänger

9.3.1. Details Quad-Empfänger

Bestellung

Für allfällige Nachbestellungen sind die folgenden Punkte zu beachten. So wurde das Gerät in Hong Kong bestellt bei Etong Electronics. Diese Firma beliefert primär Grosskunden: Die Mindestbestellmenge beträgt 100 Stück. Für einen kleinen Aufpreis von $5 konnten jedoch ein Probeexemplar bestellt werden. Das Gerät selber kostete damit $81.

Die Lieferzeit aus Hong Kong betrug mit DHL Express erfreulicherweise nur 2-3 Tage (Kostenpunkt ca. $40), die Banküberweisung für die Bezahlung im Voraus dauerte jedoch eine knappe Woche. Leider akzeptierte das Unternehmen vom Ausland nur Zahlungen per Bank oder Western Union, wobei es kein offizielles Western Union Konto der Firma gibt. Deshalb wurde das Geld per Banküberweisung gezahlt. Das Gerät wurde umgehend nach Zahlungseingang zugeschickt.

Die E-Mails zur ersten Kontaktaufnahme sowie zur Bestellung des Geräts sind auf der CD zu finden. Anschliessend wurde über Skype-Chat kommuniziert. Die Kontaktdaten dazu sind in den erwähnten E-Mails zu finden.

9.3.2. Bluescreen beim Empfänger

Beim Quad-Empfänger wurde bei Testaufnahmen beobachtet, dass teilweise nur ein ganz oder partiell blaues Bild angezeigt wurde. Gemäss Auskunft von Herr Diethelm [134], einem Kameraspezialisten, kommt es zu einem Bluescreen, wenn der Empfänger kein Synchronisationssignal empfängt. Je nach Chip, der das Signal verarbeitet, kann dann jedoch auch ein schwarzes oder grünes Bild angezeigt werden.

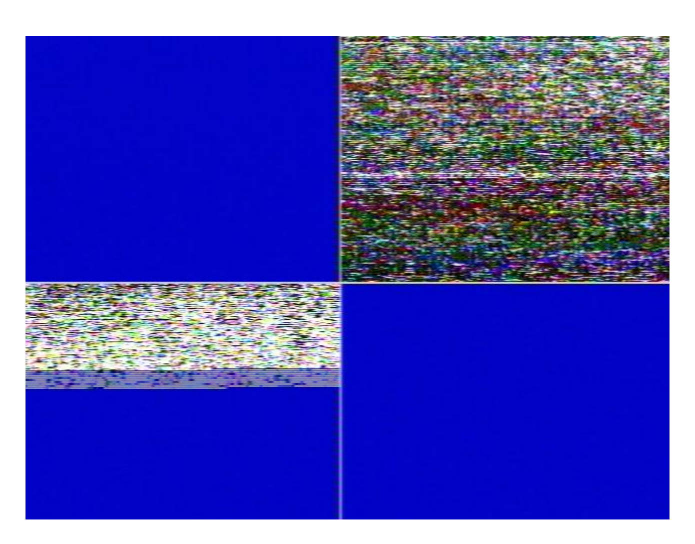


Abbildung 99: Ganzes und teilweise blaues Bild beim Quad-Empfänger

Im Videosignal wird der Anfang jeder Zeile durch einen speziellen Flankenwechsel markiert, der sonst im Signalverlauf nicht vorkommt. Dies gilt auch für den Anfang jedes Bildes. So kann es auch sein, dass bei einem Bild ein Teil blau ist und ein anderer Teil nur Rauschen darstellt (siehe Abbildung 99,

unten links). Warum sich das Synchronisationssignal nicht bzw. nur eingeschränkt für die Bilderkennung eignet, wird im Kapitel 4.6 (Beurteilung) kurz erläutert.

Schematisch sieht das Zeilensignal wie in der untenstehenden Grafik aus. Zusätzlich zum Bildsignal gibt es ein Synchronisationssignal. Vertiefende Informationen sind bspw. unter [136] oder [137] zu finden.

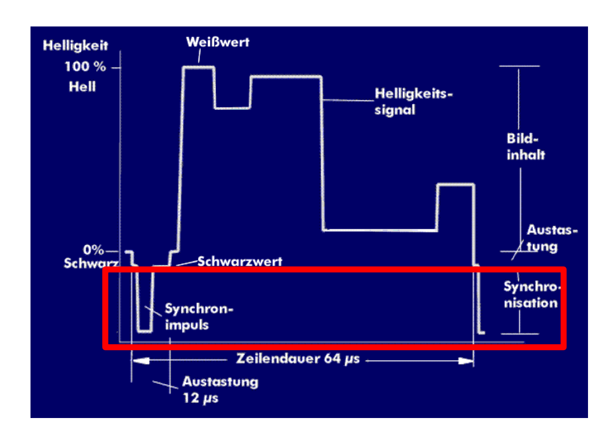


Abbildung 100: Schema Zeilensignal bei PAL [135]

9.3.3. RF Grabber USB (Grandtec)

Als erstes Gerät wurde der RF Grabber USB eingesetzt. Die ersten Testaufnahmen am Computer wurden mit diesem Empfänger gemacht.



Abbildung 101: Foto RF Grabber [128]

In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Eigenschaften des Geräts aufgelistet. Genauere Angaben können auch unter [128] eingesehen werden.

Bezeichnung	Grand RF Grabber USB
Hersteller	Grandtec, grandtec.com
Beschafft bei	Multimediadienste, HSR
USB Port	Ja
Frequenzen [GHz]	2.410, 2.430, 2.450, 2.470
Status	Nicht mehr verfügbar (end of life)
Treiber	Win XP sowie Win 7, nur 32 Bit
Eingebunden als Imaging Device	Ja

Tabelle 18: Eigenschaften RF Grabber

Vorteile:
- kompakte Bauweise

Nachteile:
- Kanal muss von Hand über Taste gewechselt werden
- kein Anschluss für externe Antenne
- Kanalfrequenzen stimmen nicht ganz mit den häufigsten überein

Bei den ersten Aufnahmeversuchen zeigte sich ein spezielles Verhalten des Geräts bzw. der aufnehmenden Software. Dies hängt vermutlich mit einer fehlerhaften Treiber-Implementation zusammen.

Die Applikation, mit der aufgenommen wird, friert teilweise ein, wenn der Empfänger kein Signal empfangen kann. Hat der Empfänger direkt nach dem Start der Aufnahmesoftware kein Signal, so hängt die Applikation bis ein genug starkes Signal kommt. Wenn ein Bild empfangen werden kann und der Sender anschliessend ausgeschaltet wird, so wird in der Software für wenige Sekunden ein bewegtes Rauschen angezeigt. Dann friert jedoch die Applikation ein und der Benutzer sieht nur ein Standbild (letztes Rauschbild) für 1-2min. Nach weiteren 1-2min sieht man erneut das bewegte Rauschen, welches nach einiger Zeit wiederum stoppt. Dieser Wechsel wiederholt sich, wobei die Dauer schwankt. Während des Standbildes wird von der Software kein Videomaterial aufgezeichnet, die Stoppuhr der Aufnahme bleibt stehen.

Bei schlechtem Signalempfang ist die Aufzeichnung des Videosignals sehr ruckelhaft. Das Video wird flüssiger je näher man der Quelle kommt. Wird bei der Aufzeichnung das Video direkt komprimiert, so hat man öfters ein Standbild (bei schlechtem Empfang) im aufgezeichneten Video, als wenn unkomprimiert aufgenommen wird (dort sieht man dann ein ruckelhaftes Video).

Dass die Applikation so stark einfriert, wenn kein Signal ist sehr mühsam, da dann auch andere Verarbeitungen in der Software blockiert werden. Aufgrund der gelisteten Nachteile und da nicht alle Anforderungen gemäss Kapitel 3.1 erfüllt werden, eignet sich dieser Empfänger nicht.

9.3.4. 2.4G Wireless Receiver (sebson media)

In der Artikelbeschreibung im Onlineshop von sebson-media steht, der Empfänger verfüge über eine „Quadbildfunktion." Bei ersten Tests stellte sich jedoch heraus, dass es sich nicht um einen „echten" Quad-Empfänger handelt. Die Software aktualisiert lediglich in bestimmten Intervallen jeden Kanal,

es werden also nicht gleichzeitig alle Kanäle als Live-Bild dargestellt. Man kann einstellen, dass mehrere Bilder angezeigt werden, doch wie im untenstehenden Screenshot zu sehen ist, funktioniert es nicht wie erwartet. Anstatt dass pro Bildausschnitt ein Kanal dargestellt wird, wird pro Ausschnitt das Scanning über alle Kanäle gemacht und in einem einstellbaren Intervall der Bildausschnitt gewechselt. Deshalb ist auch die Beschriftung des Bildausschnitts verwirrend. In Tat und Wahrheit lief hier nur eine Kamera auf Kanal 2.

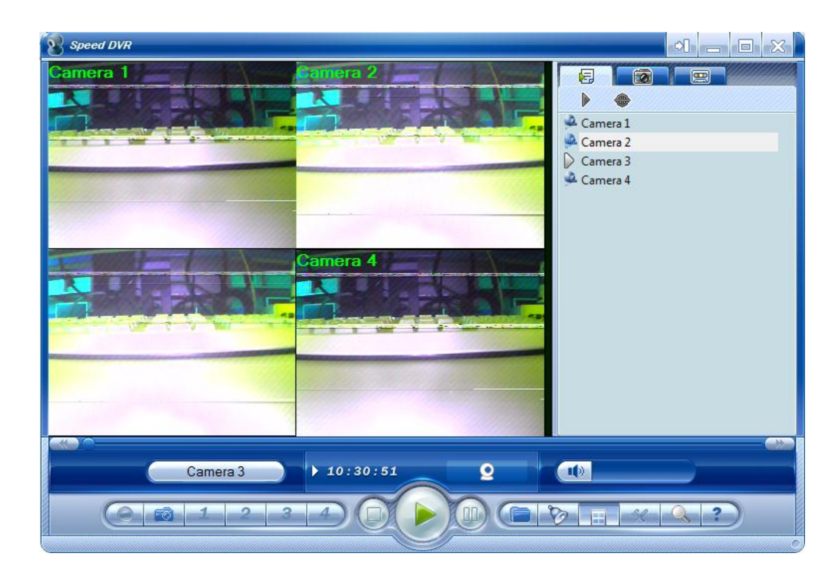


Abbildung 102: Screenshot der Aufzeichnungssoftware des sebson-media Empfängers



Abbildung 103: Foto Empfänger sebson-media [129]

In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Eigenschaften des Geräts aufgelistet. Genauere Angaben können auch unter [129] eingesehen werden.

Bezeichnung	2.4G Wireless Receiver, Name im Onlineshop: Funkkamera-Set G
Hersteller	unbekannt
Beschafft bei	sebson-media.de, März 2011
USB Port	Ja
Frequenzen [GHz]	2.414, 2.432, 2.450, 2.468
Status	Verfügbar
Treiber	Win XP sowie Win 7, nur 32 Bit bei Win 7
Eingebunden als Imaging Device	Ja, aber ganzes System blockiert ab und zu

Tabelle 19: Eigenschaften Empfänger sebson-media

Vorteile:
- Anschluss für externe Antenne
- kompakte Bauweise

Nachteile:
- wird als Quad Receiver angepriesen, kann jedoch nicht alle Kanäle gleichzeitig darstellen, mit Zusatzsoftware kann jedoch periodisch der Kanal gewechselt werden
- schlechter Treiber: ganzes System blockiert ab und zu

Wie beim RF Grabber sind auch hier die Treiber fehlerhaft implementiert. Das Gerät wird zwar als Imaging Device unter Windows angezeigt, doch resultiert ein Zugriff über diese Schnittstelle in zeitweisem Einfrieren des ganzen Betriebssystems. Die Maus lässt sich nur ruckelhaft bewegen und das Videosignal wird nicht flüssig dargestellt. Auch die die CPU Belastung steigt immer wieder stark an und fällt darauf wieder auf ein Normalmass ab. Dies alles wiederholt sich in Intervallen von ca. 1s.

Es gibt zwar einen 64 Bit-Treiber, der sich auch unter Windows 7 installieren lässt, doch beschwert sich Windows, dass der Treiber nicht digital signiert sei und nicht korrekt funktioniere. Unter Windows XP 64 Bit wurde er nicht getestet.

Aus all diesen Gründen eignet sich dieser Empfänger nicht.

9.3.5. Weitere

Für erste Tests und die Testsetups wurde noch weitere Ausrüstung verwendet, auf welche aber nicht genauer eingegangen werden soll. Weitere Informationen zu den Geräten kann bei den angegebenen Quellen gefunden werden. Nachfolgend eine Auflistung dieser Geräte:

Produktname	Verkäufer	Einsatzzweck
GigaAir 4561 [130] 2.4 GHz Wireless Color Handheld Video Monitor	Tranwo	Babycam
Drahtloses Funkübertragungssystem 2.4GHz MD 9052 [131]	Medion	Funkübertragung von TV
Funk-Überwachungssystem, MD 81224 [132]	Medion	Überwachung
2.4G Wireless Camera Kit, Model W388U1 [133] Funkkamera-Set F bei sebson-media	sebson-media.de	Überwachung

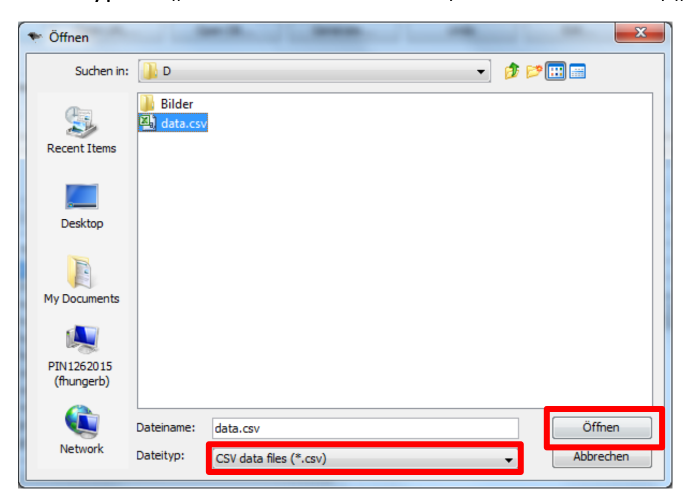
Tabelle 20: Auflistung der anderen Geräte

9.4. Weka

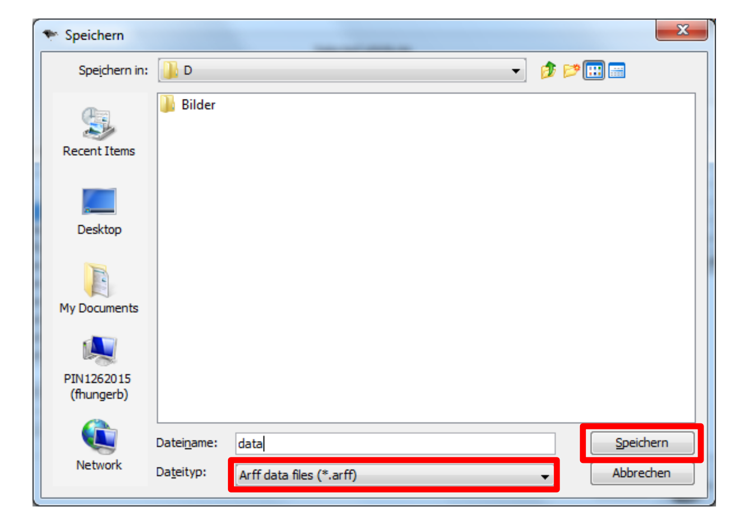
9.4.1. Konvertierung ins ARFF-Dateiformat

Der FramesAnalyzer (siehe Kapitel 4.3.2.2) speichert die berechneten Bildwerte in einer CSV-Datei ab. Für das Data Mining müssen die Daten in das von Weka geforderte ARFF-Dateiformat konvertiert werden, wobei die Spalte „manuelle Klassifikation“ (das Zielattribut) in den nötigen nominellen Typ umgewandelt werden muss. Folgende Schritte sind dazu notwendig:

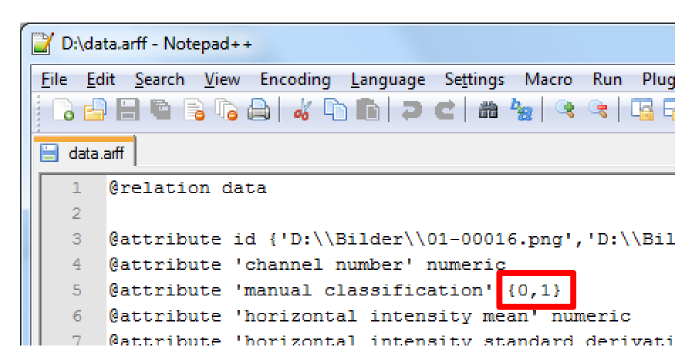
1. Weka öffnen, anschliessend auf „Explorer“ klicken
2. „Open File“ klicken
3. Dateityp auf „CSV data files“ ändern, Datei auswählen, „Öffnen“ klicken



4. CSV-Datei ist nun geöffnet, „Save…“ klicken
5. Dateitype „Arff data files“ auswählen, anschliessend auf „Speichern“ klicken



6. Gespeicherte ARFF-Datei in Texteditor öffnen, an markierter Stelle „nummeric“ durch „{0, 1}“ ersetzten (wobei diese beide Zahlen die Bildklassen-Nummern darstellen) und Datei speichern.

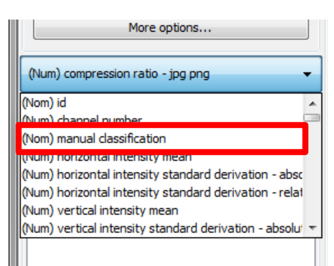


7. Fertig, die Datei ist nun im ARFF-Dateiformat

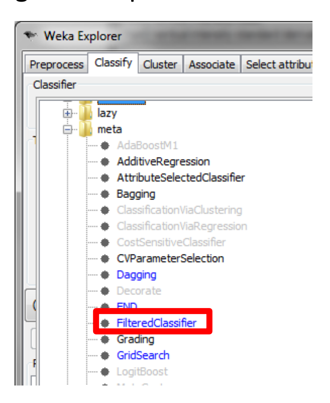
9.4.2. Konfiguration des Klassifizierers

Damit die Berechnung des Entscheidungsbaumes mittels des J48-Algorithmus durchgeführt werden kann, muss der Klassifizierer richtig eingestellt und nicht benötigte Spalten von der Analyse durch den Algorithmus ausgeschlossen werden. Folgende Schritte sind dazu notwendig:

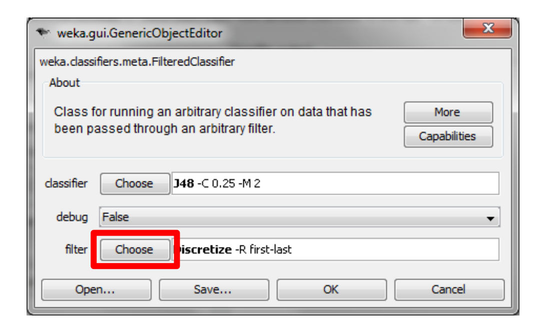
1. Weka öffnen, anschliessend auf „Explorer“ klicken
2. „Open File“ klicken
3. ARFF-Datei mit zu untersuchenden Daten auswählen, „Öffnen“ klicken
4. Im Register „Classify“ als Zielattribut „manual classification“ auswählen. Damit wird versucht, dieses Attribut aus den restlichen Daten vorauszusagen.



5. Rechts oben auf „Choose“ klicken und anschliessend unter „weka > classifiers > meta“ den Eintrag „FilteredClassfier“ auswählen. Dies ist kein eigentlicher Klassifizierer, erlaubt jedoch gewisse Spalten herauszufiltern.

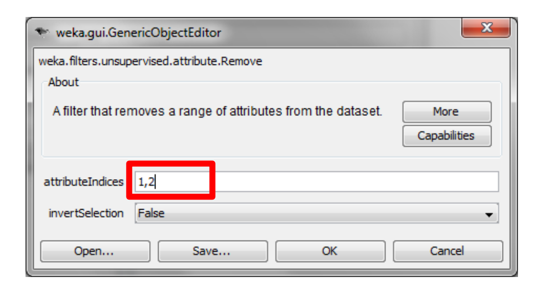


6. Rechts neben „Choose“ in das Textfeld klicken, womit sich der Einstellungsdialog von „FilteredClassifer“ öffnet. In diesem Dialog auf das untere „Choose“ bei „filter“ klicken.

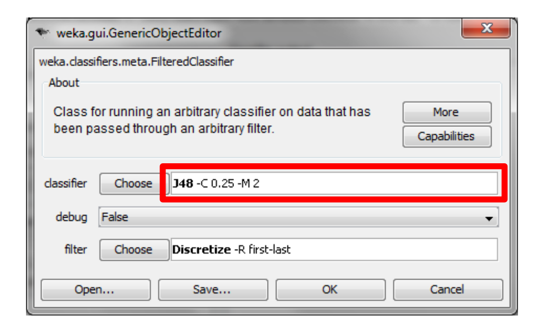


7. Unter „weka > filters > unsupervised > attribute“ den Eintrag „Remove“ auswählen

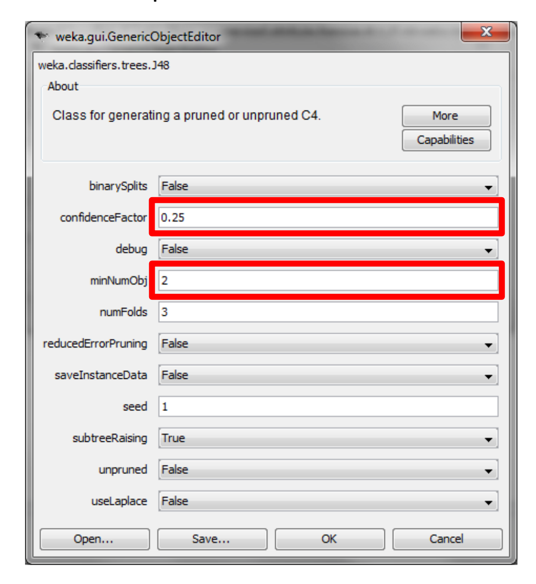
8. Bei „filter“ rechts neben „Choose“ in das Textfeld klicken, womit sich der Einstellungsdialog von „Remove“ öffnet. In diesem Dialog bei „attributeIndices“ die Spalten-Nummern eingeben, welche vom Klassifizierer ausgenommen werden sollen. In diesem Fall sind das die ersten beiden Spalten, in welchen die Bild-Id und die Kanal-Nr. gespeichert sind. Mit OK bestätigen.



9. Jetzt müsste als Klassifizierer der J48-Algorithmus ausgewählt werden, welcher jedoch standardmässig bereits ausgewählt ist. Um diesen nun zu konfigurieren, rechts neben dem oberen „Choose" in das Textfeld klicken.



10. In diesem Dialog wird der J48-Algorithmus konfiguriert. Alle bis auf die zwei markierten Parameter können auf dem Standardwert belassen werden, da diese im Rahmen der Bilderkennung nicht zu einem optimaleren Entscheidungsbaum führen (siehe Kapitel 4.3.1.1). Die Auswirkungen bei der Veränderung der Parameter „confidenceFactor" und „minNumObj" wird im Kapitel 4.3.3 untersucht. Mit OK alle offenen Dialoge schliessen.



11. Fertig, als Klassifizierer wurde der J48-Algorithmus festgelegt, wobei dieser die ersten beiden Spalten nicht beachtet. Nun kann das Data Mining mittels „Start" gestartet werden.

9.5. Paper Prototype

Der nachfolgende Paper Prototype wurde unter Berücksichtigung der Use Cases (siehe Kapitel 5.3) entworfen und diente als Vorlage für die Erstellung der grafischen Benutzeroberfläche. Als Gestaltungstool diente Microsoft Office Visio.

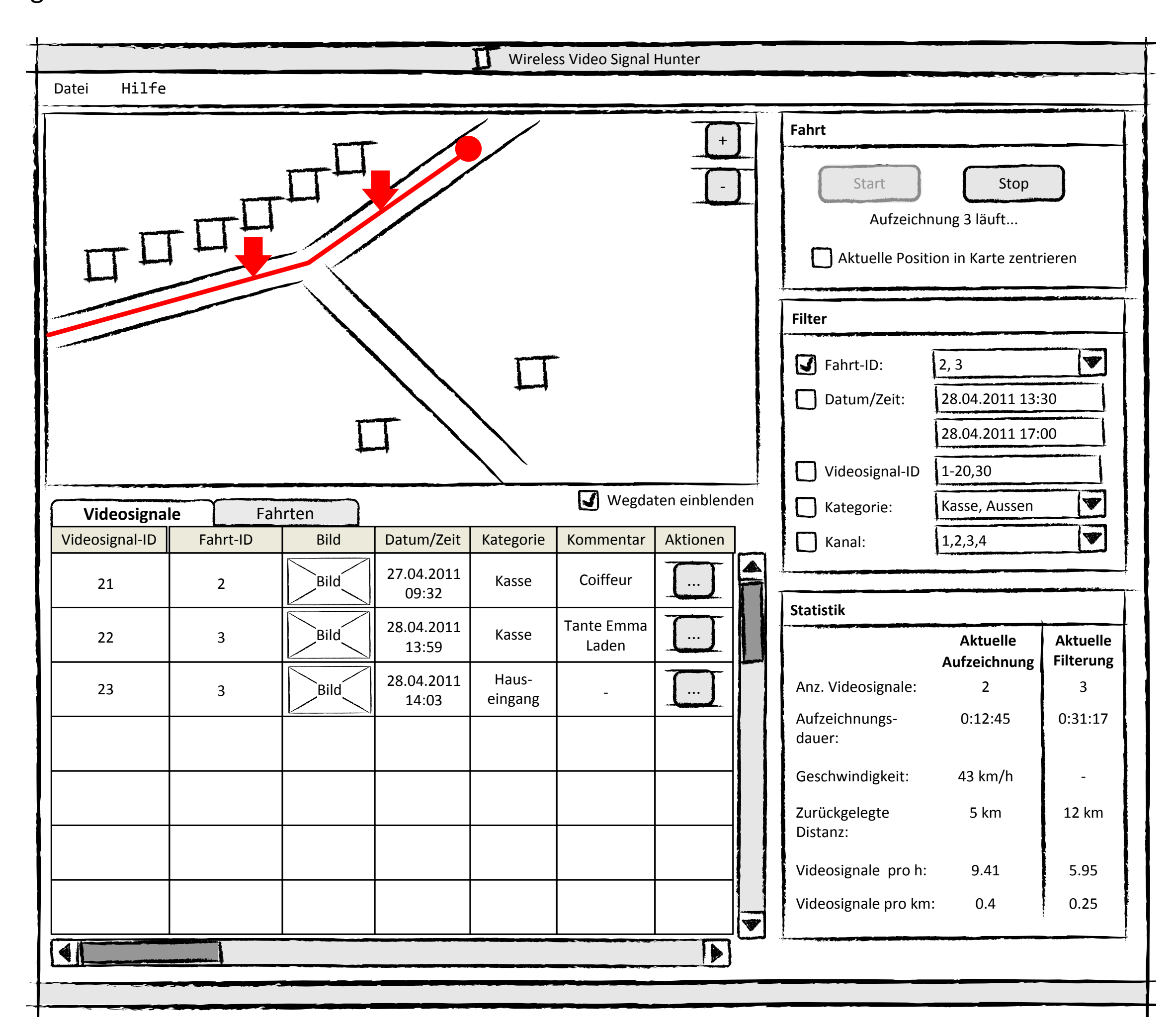


Abbildung 104: Paper Prototype, Ansicht Videosignale

Änderungen in der Umsetzung

In der umgesetzten Benutzeroberfläche wurde das Panel „Statistik" weggelassen, da es doch komplizierter in der Umsetzung war als gedacht. Dafür wurde jedoch das Panel „GPS" hinzugefügt, welches über den Status des GPS Empfängers informiert sowie Informationen zur aktuellen Position anzeigt. Als weitere Neuerung kam die Anzeige des aktuell empfangenen Bilder vom Videoempfänger im Panel „Fahrt", und zwar oberhalb der Buttons zum Starten und Beenden einer Fahrt.

Wireless Video Signal Hunter

Datei Hilfe

+
-

Fahrt

Start Stop

Aufzeichnung 3 läuft...

Aktuelle Position in Karte zentrieren

Filter

Fahrt-ID: 2, 3

Datum/Zeit: 28.04.2011 13:30

28.04.2011 17:00

Videosignal-ID 1-20,30

Kategorie: Kasse, Aussen

Kanal: 1,2,3,4

Wegdaten einblenden

Videosignale **Fahrten**

Fahrt-ID	Beginn	Ende	Dauer	Distanz	Anz. Videosignale	Aktionen
2	28.04.2011 09:05	28.04.2011 09:23	0:18:32	7 km	1	Löschen
3	28.04.2011 13:51	-	0:12:45	5 km	2	Löschen

Statistik

	Aktuelle Aufzeichnung	**Aktuelle Filterung**
Anz. Videosignale:	2	3
Aufzeichnungs-dauer:	0:12:45	0:31:17
Geschwindigkeit:	43 km/h	-
Zurückgelegte Distanz:	5 km	12 km
Videosignale pro h:	9.41	5.95
Videosignale pro km:	0.4	0.25

Abbildung 105: Paper Prototype, Ansicht Fahrten

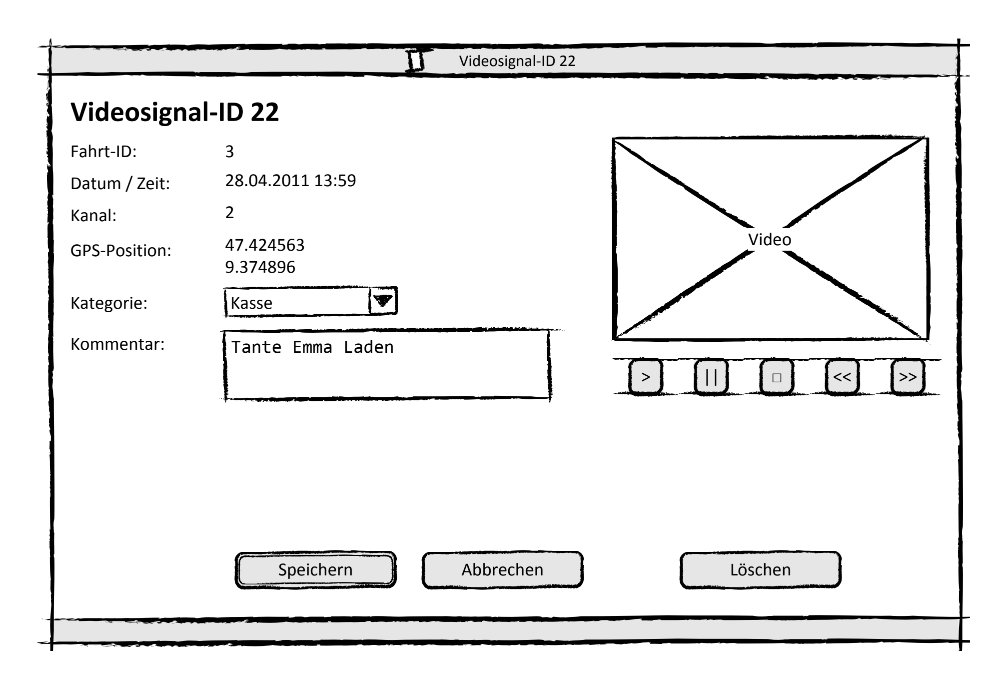


Abbildung 106: Paper Prototype, Detailansicht Videosignal

9.6. Benutzerhandbuch

9.6.1. Installation

Für die erste Benutzung des „Wireless Video Signal Hunter“ (WVSH) sind die folgenden Schritte durchzuführen, damit die Software startet und der Videoempfänger die Bilder im richtigen Format liefert. Im WVSH müssen anschliessend auch noch Einstellungen vorgenommen werden, siehe Kapitel 9.6.2.8.

9.6.1.1. Zusätzliche Software

Damit der WVSH unter Windows XP SP3 funktioniert, müssen folgende Komponenten installiert werden. Der WVSH selber benötigt keine Installation und kann direkt über die Datei WVSH.exe gestartet werden.

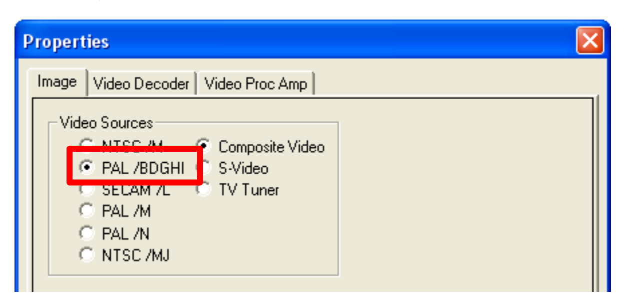
1. Installation des .NET Framework 4.0
2. Installation des Windows Installer 4.5
3. Installation des Microsoft SQL Server 2008 R2 Express mit den Standardeinstellungen
4. Installation des Windows Media Player 11
5. Installation des XviD Codec [133]
   Konfiguration nach der Installation: Startmenü > „XviD“ > „Configure Encoder“, „Other Options“ unten in der Mitte > Haken bei „Display encoding status“ entfernen und alle Fenster mit Ok verlassen.

9.6.1.2. Videoempfänger

Damit der Videoempfänger korrekt funktioniert und die richtigen Bilder liefert, sind die folgenden Schritte nötig:

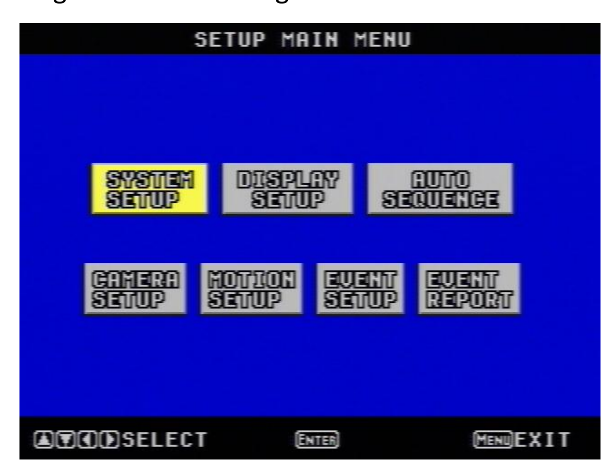
1. Gerät via USB anschliessen
2. Treiber installieren, wobei der Pfad manuell angegeben werden muss und die Sicherheitswarnung bzgl. des fehlenden Zertifikats ignoriert werden kann.
   Achtung: Falls der Videoempfänger später an einem anderen USB-Port verwendet wird, so müssen die Treiber eventuell erneut installiert werden und auch die Konfiguration des Videoformats (NTSC -> PAL, siehe Kapitel 9.6.2.8) muss erneut durchgeführt werden.
3. Tool „VideoView“ starten, welches mit dem Treiber mitgeliefert wird und in dessen Ordner zu finden ist. Im Menüpunkt „Devices“ für den Quad-Empfänger den Punkt „USB2.0 ATV“ auswählen.

4. Unter dem Menüpunkt „Options“ > „Video Capture Filter“ das Videoformat auf „PAL /BDGHI“ umschalten. Nach Bestätigung der neuen Option hängt das Programm eventuell. Als Lösung einfach beenden und erneut starten, die Einstellung sollte trotzdem übernommen worden sein. „VideoView“ für die Konfiguration des Empfängers offen lassen. Die Einstellung des Videoformats ist für später auch über die Einstellungen des WVSH möglich (siehe Kapitel 9.6.2.8).

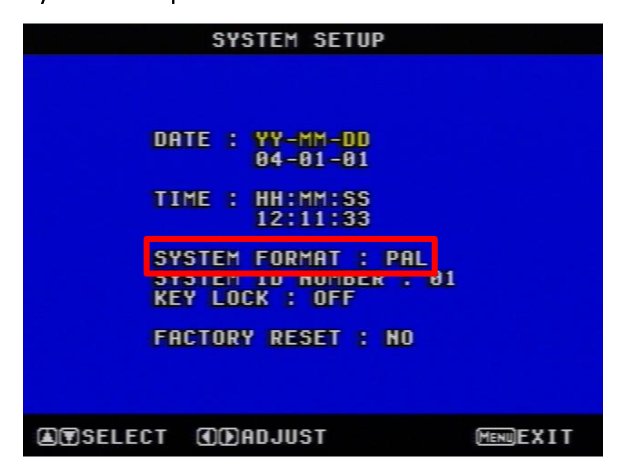


5. Konfiguration des Videoempfängers über die Fernbedienung

   a. Menü drücken. Jetzt müsste das folgende Bild zu sehen sein. Nun gilt es die folgenden Punkte des Menüs aufzusuchen und die Einstellungen so zu setzen, dass die Anzeige mit den nachfolgenden Screenshots übereinstimmt.



   b. System Setup: auf PAL setzen



c. Display Setup: Haken bei Title, Date und Time entfernen



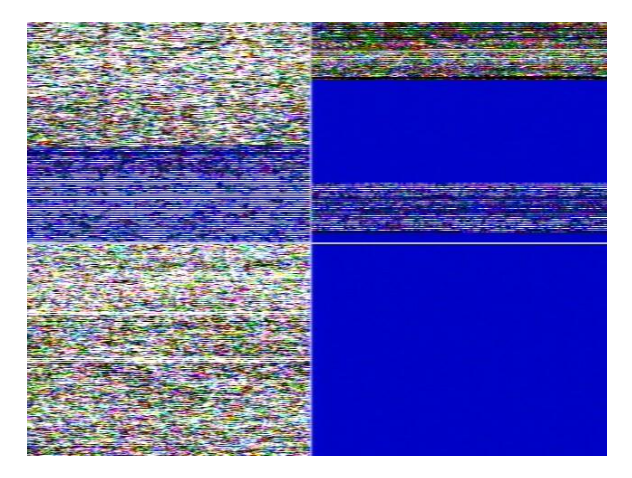
d. Motion Setup: Motion Detection für alle Kameras deaktivieren. Wechsel zwischen den Kameras mit dem Pfeil nach links bzw. rechts, wenn die Kameranummer über dem Rechteck blinkt.



e. Event Setup: Alle Haken entfernen in der Tabelle



f. Die Quad-Bildfunktion (vgl. untenstehende Abbildung, 4-Kanal-Ansicht) sollte als Standard-Ansicht definiert sein und deshalb direkt beim Einschalten des Empfängers sichtbar sein. Falls ausversehen ein anderer Modus aktiviert wird, so kann durch 2x Drücken der Taste „Menu“ auf der Fernbedienung wieder in diesen Modus zurückgeschaltet werden. Alternativ kann auch auf dem Empfänger selber die Taste „Quad“ gedrückt werden. Wird der Empfänger „neugestartet“, so sollte ebenfalls die Quad-Bildfunktion aktiviert sein.



9.6.2. Bedienung

Die Bedienungsanleitung ist nach den in Abbildung 107 verschieden markierten Bildschirmbereichen aufgebaut. Zu Beginn muss die Software richtig konfiguriert werden, sprich der Video- und GPS-Empfänger müssen eingerichtet werden (siehe Kapitel 9.6.2.8).

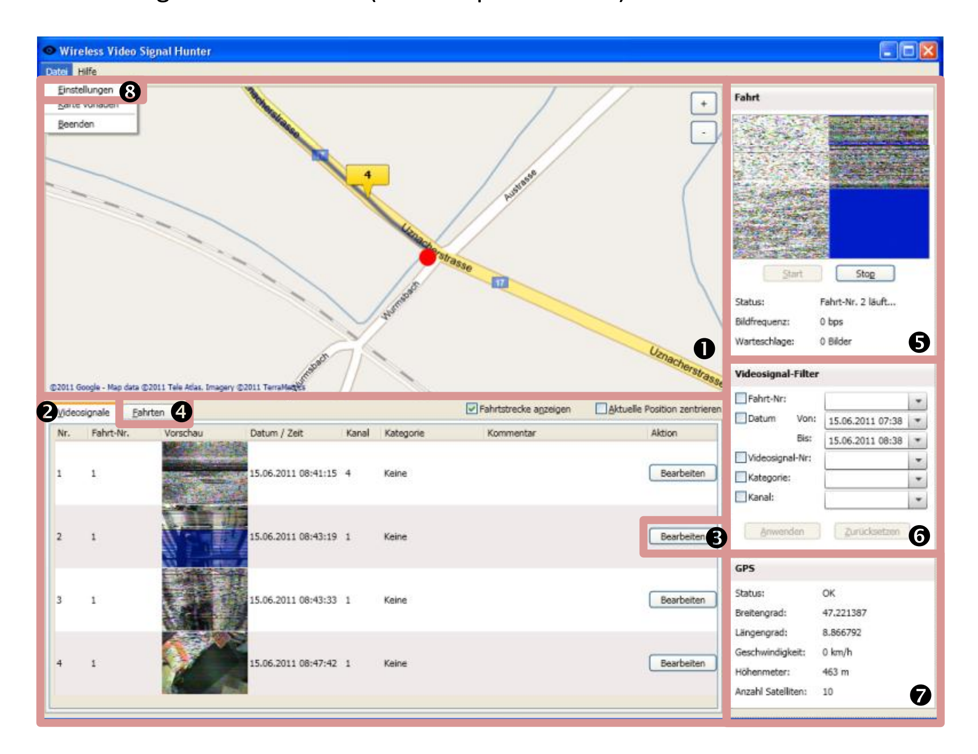


Abbildung 107: Bereiche der Bedienungsanleitung

9.6.2.1. Karte

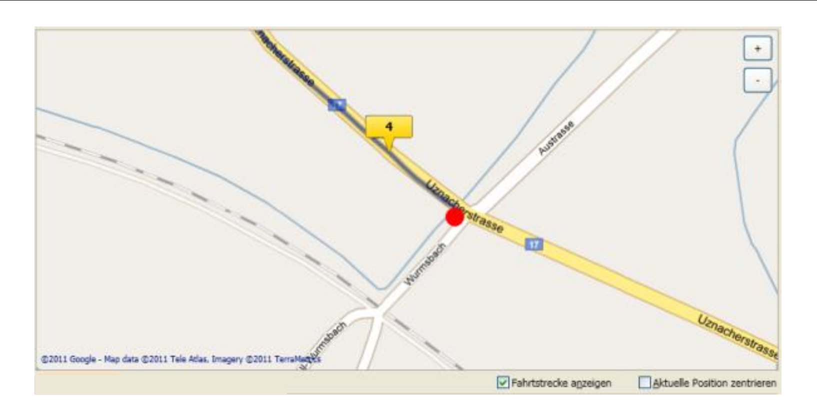


Abbildung 108: Karte während Fahrt

In der Karte werden die erfassten Videosignale, die gefahrenen Fahrtstrecken, sowie die aktuelle GPS-Position dargestellt. Folgende **Symbole** werden dabei verwendet:



Die gefahrene Fahrtstrecke wird als blaue Linie dargestellt. Falls die entsprechende Fahrt gerade markiert ist, wird die Linie rot eingefärbt.



Ein erfasstes Videosignal wird als gelbe Markierung mit der Videosignal-Nr. dargestellt. Falls das entsprechende Videosignal gerade markiert ist, wird die Markierung rot eingefärbt.



Die aktuelle GPS-Position wird, falls überhaupt ein Signal vorhanden ist, als roter Punkt eingezeichnet.

Für die **Navigation in der Karte** wird die Maus benötigt. Während die linke Maustaste gehalten wird, lässt sich die Karte verschieben. Für ein Herein- oder Herauszoomen können die Buttons rechts oben oder das Mausrad verwendet werden.

Um ein eingezeichnetes Videosignal oder eine Fahrt in den untenstehenden Tabellen auszuwählen, kann auf das entsprechende Objekt in der Karte geklickt werden und die **Auswahl** erfolgt in den Tabellen.

Damit die Karte auch für eine Nutzung ohne aktive Internetverbindung zu Verfügung steht, wird ein **Vorladen der Karte** angeboten. Über das Menu „Datei“ > „Karte vorladen“ kann ein zuvor mittels der ALT-Taste und zugleich mit der rechten Maustaste ausgewählten Karten-Bereich vorgeladen werden. Dabei werden alle möglichen Zoom-Stufen für den ausgewählten Bereich aus dem Internet in einen lokalen Karten-Zwischenspeicher heruntergeladen. Dabei ist zu beachten, dass je nach Grösse des gewählten Ausschnitts eine sehr grosse Datenmenge heruntergeladen werden muss. In der Kartenansicht mussten für die ganze Schweiz für alle Zoomstufen ca. 5GB heruntergeladen werden, was relativ lange dauert, da viele Objekte angefragt werden müssen.

Damit bei vielen Videosignalen und Fahrten nicht die Übersicht verloren wird, können **Filter** gesetzt werden (siehe Kapitel 9.6.2.6).

Fahrtstrecke anzeigen	Die Fahrtstrecken der Fahrten werden auf der Karte mittels einer blauen Linie eingezeichnet
Aktuelle Position zentrieren	Bei einem verfügbaren GPS-Signal wird die Karte fortlaufend anhand dessen Position zentriert. Dies ist besonders während einer Erfassungsfahrt nützlich. Sobald die Karte einmal manuell mittels der linken Maustaste verschoben wird, wird diese Funktion deaktiviert.
+	In Karte um eine Stufe hineinzoomen. Kann auch über das Mausrad erreicht werden.
-	In Karte um eine Stufe herauszoomen. Kann auch über das Mausrad erreicht werden

9.6.2.2. Tabelle Videosignale



Nr.	Fahrt-Nr.	Vorschau	Datum / Zeit	Kanal	Kategorie	Kommentar	Aktion
1	1		15.06.2011 08:41:15	4	Keine		Bearbeiten
2	1		15.06.2011 08:43:19	1	Keine		Bearbeiten
3	1		15.06.2011 08:43:33	1	Keine		Bearbeiten
4	1		15.06.2011 08:47:42	1	Keine		Bearbeiten

Abbildung 109: Tabelle Videosignale

In dieser Tabelle werden die erfassten Videosignale aufgelistet. Sobald während einer Erfassungsfahrt ein neues Videosignal erfasst wird, wird es in dieser Tabelle hinzugefügt.

Damit bei vielen Videosignalen nicht die Übersicht verloren wird, können **Filter** gesetzt werden (siehe Kapitel 9.6.2.6). Eine **Sortierung** innerhalb der Tabelle ist auch möglich.

Nr.	Nr. des Videosignals, welche bei der Erfassung fix eingetragen wird
Fahrt-Nr.	Nr. der Fahrt, während welcher dieses Videosignal erfasst wurde
Vorschau	Vorschaubild, damit ein Videosignal schnell wiedergefunden wird. Es wird das dritte Bild aus dem Video verwendet.
Datum / Zeit	Datum und Uhrzeit der Erfassung des Videosignales
Kanal	Kanal, auf welchem das Videosignal empfangen wurde. Folgende Kanäle existieren: - Kanal 1: 2.414 GHz - Kanal 2: 2.432 GHz - Kanal 3: 2.450 GHz - Kanal 4: 2.468 GHz
Kategorie	Selbstgewählte Kategorie des Videosignals
Kommentar	Selbstverfasster Kommentar zum Videosignal
Aktion	Die einzige Aktion zum Videosignal in der Tabelle ist Bearbeiten. Mit dem Klick auf Bearbeiten wird das entsprechende Videosignal zum Bearbeiten in einem neuen Fenster geöffnet (siehe Kapitel 9.6.2.3). Diese Aktion kann auch durch einen Doppelklick auf die Zeile oder durch die Enter-Taste bei bereits ausgewählter Zeile ausgelöst werden.

9.6.2.3. Fenster Videosignal

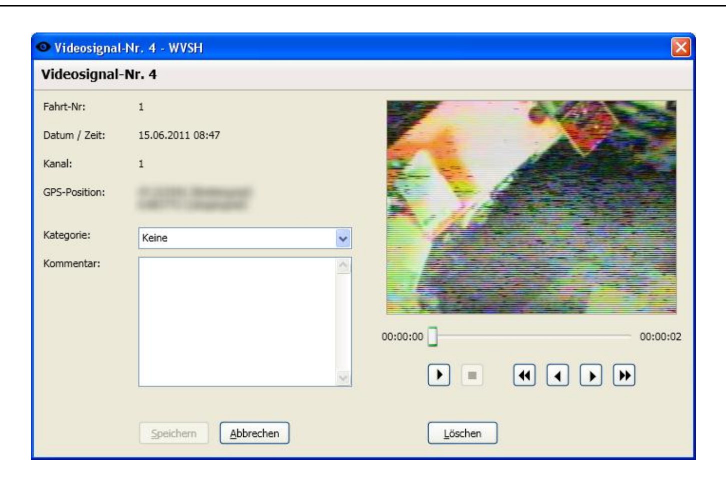
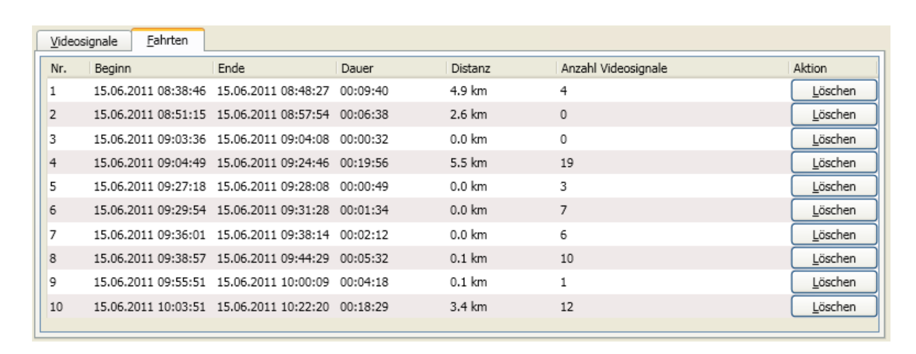


Abbildung 110: Fenster Videosignal

In diesem Fenster können die Eigenschaften eines erfassten Videosignals angesehen und einige davon bearbeitet werden. Falls während einer Erfassungsfahrt gerade das **aktuell aufzeichnende Videosignal geöffnet** wird, kann das Video des Videosignals nicht abgespielt und das Videosignal nicht gelöscht werden.

Videosignal-Nr.	Nr. des aktuell geöffneten Videosignals
Fahrt-Nr.	Nr. der Fahrt, während welcher dieses Videosignal erfasst wurde
Datum / Zeit	Datum und Uhrzeit der Erfassung des Videosignales
Kanal	Kanal, auf welchem das Videosignal empfangen wurde. Folgende Kanäle existieren: - Kanal 1: 2.414 GHz - Kanal 2: 2.432 GHz - Kanal 3: 2.450 GHz - Kanal 4: 2.468 GHz
GPS-Position	Position, an welchem das erste Videobild des Videosignals aufgezeichnet wurde
Kategorie	Selbstausgewählte Kategorie. Die Kategorien können in den Einstellungen verwaltet werden (siehe Kapitel 9.6.2.8).
Kommentar	Selbstverfasster Kommentar
▶ / ❚❚	Das Video wird gestartet oder pausiert
■	Das Video wird gestoppt
◀◀ / ▶▶	Im Video wird eine Sekunde vorwärts oder rückwärts gesprungen
◀ / ▶	Im Video wird ein einzelnes Bild vorwärts oder rückwärts gesprungen
Speichern	Die geänderte Kategorie oder Kommentar wird gespeichert und das Fenster geschlossen. Button ist nur anwählbar, wenn bereits eine Änderung in den entsprechenden Feldern gemacht wurde.
Abbrechen	Allfällige Änderungen werden verworfen und das Fenster geschlossen
Löschen	Löscht das geöffnete Videosignal definitiv inkl. der Videodatei

9.6.2.4. Tabelle Fahrten



Videosignale | Fahrten

Nr.	Beginn	Ende	Dauer	Distanz	Anzahl Videosignale	Aktion
1	15.06.2011 08:38:46	15.06.2011 08:48:27	00:09:40	4.9 km	4	Löschen
2	15.06.2011 08:51:15	15.06.2011 08:57:54	00:06:38	2.6 km	0	Löschen
3	15.06.2011 09:03:36	15.06.2011 09:04:08	00:00:32	0.0 km	0	Löschen
4	15.06.2011 09:04:49	15.06.2011 09:24:46	00:19:56	5.5 km	19	Löschen
5	15.06.2011 09:27:18	15.06.2011 09:28:08	00:00:49	0.0 km	3	Löschen
6	15.06.2011 09:29:54	15.06.2011 09:31:28	00:01:34	0.0 km	7	Löschen
7	15.06.2011 09:36:01	15.06.2011 09:38:14	00:02:12	0.0 km	6	Löschen
8	15.06.2011 09:38:57	15.06.2011 09:44:29	00:05:32	0.1 km	10	Löschen
9	15.06.2011 09:55:51	15.06.2011 10:00:09	00:04:18	0.1 km	1	Löschen
10	15.06.2011 10:03:51	15.06.2011 10:22:20	00:18:29	3.4 km	12	Löschen

Abbildung 111: Tabelle Fahrten

In dieser Tabelle werden die durchgeführten Fahrten aufgelistet. **Während einer Fahrt** ist das entsprechende Ende nicht gesetzt, jedoch wird die Dauer, die Distanz und die Anzahl erfassten Videosignale laufend aktualisiert.

Damit bei vielen Fahrten nicht die Übersicht verloren wird, können **Filter** gesetzt werden (siehe Kapitel 9.6.2.6). Eine **Sortierung** innerhalb der Tabelle ist auch möglich.

Nr.	Nr. der Fahrt, welche beim Starten fix eingetragen wird
Beginn	Datum und Uhrzeit, wann die Fahrt gestartet wurde
Ende	Datum und Uhrzeit, wann die Fahrt gestoppt wurde
Dauer	Dauer der Fahrt
Distanz	Zurückgelegte Distanz während der Fahrt
Anzahl Videosignale	Erfasste Videosignale während der Fahrt
Aktion	Die einzige Aktion zu einer Fahrt ist Löschen. Damit wird definitiv die entsprechende Fahrt inkl. aller während dieser Fahrt erfassten Videosignale mit ihrem Videos gelöscht.

9.6.2.5. Seitenpanel Fahrt

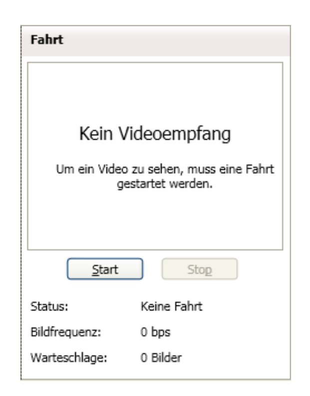




Abbildung 112: Seitenpanel Fahrt

In diesem Seitenpanel können Fahrten gestartet und gestoppt werden. Dabei werden Status-Information der Aufzeichnung sowie eine Vorschau des vom Videoempfänger aufgenommenen Bildes dargestellt.

Damit die Fahrt gestartet werden kann, muss in den Einstellungen (siehe Kapitel 9.6.2.8) ein **Videoempfänger konfiguriert** sein. Nach dem Start wird das **Vorschaubild** aktualisiert, wobei dies aus Geschwindigkeitsgründen **nicht regelmässig** geschieht. Je stärker die Software den Computer auslastet desto weniger oft wird das Bild aktualisiert.



Für das richtige Funktionieren der Software ist essentiell, dass das Vorschaubild wie in Abbildung 112 aussieht, sprich vier Bilder durch Linien getrennt dargestellt werden. Falls dies nicht der Fall muss der Empfänger umkonfiguriert werden (siehe Kapitel 9.6.2.8)!!

Falls während der Fahrt der **Videoempfänger ausgesteckt** wird, kann dieser problemlos wieder eingesteckt werden und Erfassung wird fortgesetzt.

Damit die Fahrtstrecke und die Position der Videosignale sinnvoll erfasst werden kann, muss ein **GPS-Signal** vorhanden sein. Falls beim Start kein GPS-Signal vorhanden ist, wird der Punkt 0,0 als aktuelle Position angenommen. Während einer Fahrt kann es auch zum Verlust des GPS-Signals kommen bspw. durch Tunnels oder allgemein fehlenden Kontakt zu den Satelliten. In diesem Fall wird die letzte empfangene GPS-Position weiterverwendet und neu erfasste Videosignale an dieser Position eingetragen.

Damit die **aktuelle Fahrt besser beobachtet** werden kann, ist eine Filterung nach dem Start nach der aktuellen Fahrt-Nr. zu empfehlen.

Start	Fahrt wird gestartet, wobei ein Videoempfänger konfiguriert sein muss
Stop	Fahrt wird gestoppt und die Warteschlange noch abgearbeitet
Status	Folgende Status sind möglich: - Keine Aufnahme - Fahrt-Nr. x läuft…
Bildfrequenz	Anzahl empfangene Bilder pro Sekunde (bps). Die Frequenz wird umso mehr gedrosselt, je grösser die Warteschlange wird (siehe nächste Zeile).

Warteschlange	Anzahl empfangene Bilder in der Warteschlange, welche vom Bilderkennungs-Algorithmus noch verarbeitet werden müssen. Falls die Warteschlange mehr als 50 Bilder enthält, werden in fixen Intervallen Bild verworfen. Falls die Warteschlange die Länge von 350 Bildern überschreitet, wird jedes empfangene Bild sofort verworfen. Damit wird verhindert, dass die Software überlastet und damit zu träge wird.

9.6.2.6. Seitenpanel Videosignal-Filter

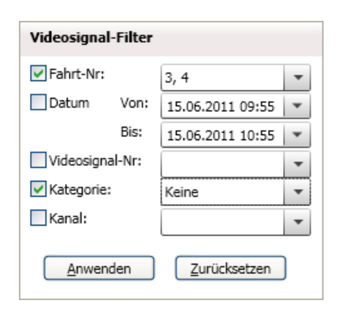


Abbildung 113: Seitenpanel Videosignal-Filter

Dieses Seitenpanel ermöglicht die Filterung von Videosignalen (und Fahrten). Dabei können verschiedene **Kriterien kombiniert** werden. Fahrten werden nur angezeigt, wenn mindestens ein Videosignal der entsprechenden Fahrt dargestellt wird.

Fahrt-Nr.	Nach ausgewählten Fahrt-Nr. filtern
Datum	Nach Datum und Uhrzeit filtern, welche zwischen den beiden angegebenen liegen
Videosignal-Nr.	Nach ausgewählten Videosignal-Nr. filtern
Kategorie	Nach ausgewählten Kategorien filtern
Kanal	Nach ausgewählten Kanälen filtern
Anwenden	Filter anwenden, Karte und Tabelle werden aktualisiert
Zurücksetzen	Filter zurücksetzten, alle Videosignale und Fahrten werden angezeigt

9.6.2.7. Seitenpanel GPS



Abbildung 114: Seitenpanel Videosignal-Filter

In diesem Seitenpanel werden die GPS-Informationen dargestellt. Der GPS-Empfänger kann in den Einstellungen **konfiguriert** werden (siehe Kapitel 9.6.2.8).

Status	Folgende Status sind möglich: - OK: GPS-Empfänger gefunden und Signal wird empfangen - Kein Signal: GPS-Empfänger gefunden, jedoch wird kein Signal empfangen, da zu wenig Satelliten verfügbar sind. - Kein Empfänger: GPS-Empfänger nicht gefunden, Einstellungen ändern - COM-Port-Fehler: COM-Port konnte nicht geöffnet werden, da Port nicht existiert oder eine andere Anwendung diesen Port bereits verwendet
Breitengrad	Breitengrad der aktuellen Position
Längengrad	Längengrad der aktuellen Position
Geschwindigkeit	Aktuelle Geschwindigkeit in Kilometer pro Stunde (km/h).
Höhenmeter	Aktuelle Meter über Meer
Anzahl Satelliten	Anzahl Satelliten, von welchen Signale empfangen werden

9.6.2.8. Fenster Einstellungen

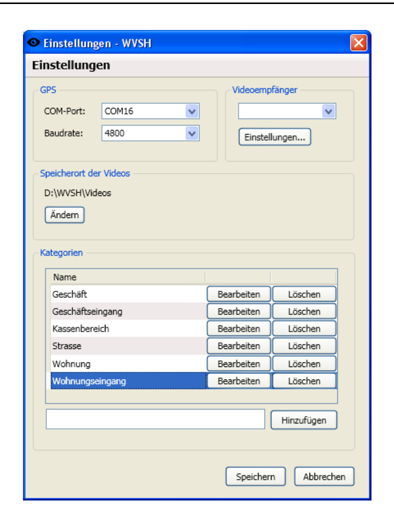


Abbildung 115: Fenster Einstellungen

In diesem Fenster können die Einstellungen der Software vorgenommen werden. Zu beachten ist, dass Veränderungen der **Kategorien sofort gespeichert** werden und nicht erst mit dem Button Speichern. Die anderen Einstellungen werden erst mit dem Button Speichern abgespeichert.

Der Video- und GPS-Empfänger müssen vor dem Start der ersten Fahrt konfiguriert werden. Für den in Rahmen dieser Arbeit eingesetzte Quad-Videoempfänger ist eine spezielle Konfiguration nötig. In der Auswahl der Videoempfänger muss „USB2.0 ATV“ ausgewählt werden und anschliessend auf „Einstellungen…“ geklickt werden. Im folgenden Fenster muss das Videoformat auf „PAL /BDGHI“ umgeschaltet werden.

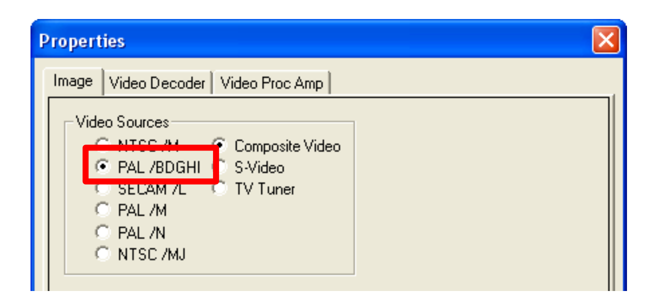


Abbildung 116: Einstellung Videoempfänger

GPS:	COM-Port	COM-Port, an welchem der GPS-Empfänger hängt. In der Regel wird dies in der Bluetooth-Software ebenfalls eingestellt.
	Baudrate	Baudrate des GPS-Empfängers, gemäss NMEA-Standard [107] 4800
Videoempfänger:		Auswahl des Videoempfängers, welcher für die Erfassungsfahrt verwendet wird
	Einstellungen	Empfänger-spezifisches Einstellungsfenster wird geöffnet
Speicherort der Videos:	Ändern	Speicherort, an welchem die während einer Fahrt aufgezeichneten Videos gespeichert werden
Kategorien:	Bearbeiten	Name einer Kategorie ändern, wird bei allen Videosignalen sofort aktualisiert
	Löschen	Kategorie wird gelöscht, wobei bei Videosignalen, welche diese Kategorie verwenden, die Standard-Kategorie gesetzt wird
	Hinzufügen	Kategorie mit dem eingegebenen Namen hinzufügen
Speichern		Einstellungen speichern und Fenster schliessen
Abbrechen		Einstellungen verwerfen und Fenster schliessen

9.7. Aufzeichnung der WLAN-Daten

Nach Abschluss der Vorabklärungen wurde entschieden, dass der WLAN-Teil der Arbeit auf ein Minimum reduziert wird. Aus diesem Grund ist dieser Teil im Anhang zu finden. Im Rahmen der Arbeit sollte nur ein mögliches Setup für die Aufzeichnung der gewünschten WLAN-Daten evaluiert werden. Eine Auswertung dieser Daten erfolgt ausserhalb dieser Arbeit.

Gewünschte Daten für Auswertungen

Da beim Thema WLAN primär die eventuelle gegenseitige Störung benachbarter WLANs interessant ist, sollen die folgenden Daten gesammelt werden:

- MAC-Adresse und SSID des AccessPoints: Unterscheidung der verschiedenen WLANs und die MAC-Adresse gibt auch einen Hinweis auf den Hersteller des Gerätes
- Kanal: Störungsausmass je nach Kanalabstand zwischen benachbarten WLANs
- Signalstärke: Störungsausmass bei kleinem Kanalabstand von benachbarten WLANs je nach Signalstärken
- Position: Störungsausmass je nach geografischer Distanz der WLANs, Aufzeichnung mittels GPS-Empfänger

Weitere direkt erhältliche Daten umfassen:

- Sicherheit: eingesetzte Verschlüsselung des WLAN-Datenverkehrs
- Max. Geschwindigkeit: ermöglicht eine Beurteilung des verwendeten WLAN-Standards (802.11 a/b/g/n)

Evaluierte Aufzeichnungssoftware

Für die Aufzeichnung der WLAN-Daten wurde die Software inSSIDer 2 ausgewählt [142]. Sie erfüllt alle Anforderungen und lässt sich einfach mit einem GPS-Empfänger nutzen. Um die Resultate in einer Datei abzuspeichern muss das „Logging“ im Menü „File“ aktiviert werden, worauf die Daten im GPX-Format abgelegt werden. Es handelt sich dabei um ein XML-Format, für welches einige Parser verfügbar sind wie eine Google Suche zeigte. Für eine kurze Bedienungsanleitung ist der entsprechende Abschnitt weiter unten zu beachten. Direkt mit dem inSSIDer ist eine Konvertierung des GPX- in das KML-Format möglich (Menü „File“ > „Convert GPX to KML“). Die KML-Datei kann z.B. in Google Earth importiert werden für die Darstellung der WLAN-Positionen auf einer Karte.

Die aktuell verfügbare Version des inSSIDer (2.0.7.0126) speichert die Erfassungszeit der jeweiligen WLANs nur, wenn ein GPS-Empfänger angeschlossen ist und aktiviert wurde während des Scannens. Ein neue inoffizielle Version (2.0.7.0203_GpxTimeFix) wurde jedoch im dortigen Forum bereitgestellt, welche die Systemzeit nimmt, wenn kein GPS-Empfänger genutzt wird [140]. Beide Versionen der Software sind auf der CD abgelegt.

Frequenzbänder

Im Gegensatz zum Hunting-System soll beim WLAN Scanning auch das 5.8 GHz-Band berücksichtigt werden, da der neue N-Standard sowie die ältere A-Variante dieses Band nutzen. Da die Technologie WLAN immer häufiger genutzt wird und dies primär im 2.4 GHz Band, dürften einige AccessPoints in 5.8 GHz Band betrieben werden, um die Störungen im 2.4 GHz Band zu vermeiden.

WLAN-Adapter und Antenne

Da die WLAN-Erfassungsfahrten mit einem Auto durchgeführt werden sollen, ist aufgrund der Signaldämpfung durch die Karosserie eine externe Antenne nötig. Um eine externe Antenne anschliessen zu können, ist auch eine WLAN-Karte mit entsprechendem Anschluss nötig. Da das 2.4 GHz- und das 5.8 GHz-Band abgesucht werden sollen, ist eine Dualband-Antenne nötig. Wie beim Hunting-System ist auch hier eine omnidirektionale Antenne nötig. Da keine geeignete externe Antenne mit genug Signalgewinn und genug langem Antennenkabel gefunden werden konnte, wurde entschieden, den folgenden USB-WLAN-Adapter zu beschaffen. Das Gerät kann direkt auf dem Autodach befestigt werden und dank eines 2m USB-Kabels klappt der Anschluss an das Notebook in der Führerkabine.

Bezeichnung	2.4 + 5 GHz USB WLAN Adapter, ALFA AWUS051NH, 150 MBit, 500mW
Hersteller	ALFA Networks
Beschafft bei	Wlan-shop24.de, April 2011
Frequenzbereich	2.4 GHz (IEEE 802.11 b/g/n) 5 GHz (IEEE 802.11 a)
Antenne	5 dBi Dual-Band-Antenne
Anschluss	RP-SMA

Tabelle 21: Eigenschaften WLAN Adapter mit externer Antenne



Abbildung 117: beschaffter WLAN-Adapter

Da der WLAN-Adapter und damit auch die Antenne direkt auf dem Autodach montiert werden, reicht auch ein Signalgewinn von 5 dBi aus.

Bedienung des inSSIDer

Die Bedienung der Software inSSIDer sollte selbsterklärend sein, weshalb auf eine detaillierte Programmbeschreibung verzichtet wird. Eine gute Anleitung zur grundsätzlichen Bedienung ist unter [141] zu finden. Nachfolgend werden kurz die wichtigsten Punkte für die Aufzeichnung der WLAN-Daten beschrieben.

Das Scanning nach WLANs sollte automatisch mit dem Starten der Applikation beginnen. Anschliessend sind die folgenden Schritte nötig (siehe nachfolgenden Screenshot für die Nummern).

1. GPS starten: richtigen COM-Port auswählen. Die Baud Rate beträgt 4800.
2. Warten bis GPS-Signal erhalten, die aktuelle Position sollte in der Statusleiste angezeigt werden. Es kann bis zu 5min dauern, bis der GPS-Empfänger ein Signal hat.
3. Logging starten: Im Menü „File“ auf „Start Logging“ klicken und einen Dateinamen als Speicherort der Resultate angeben.

4. In der Statusleiste sollte der Logging Status wechseln und den zuvor definierten Dateinamen sowie die bereits aufgezeichnete Datenmenge anzeigen.

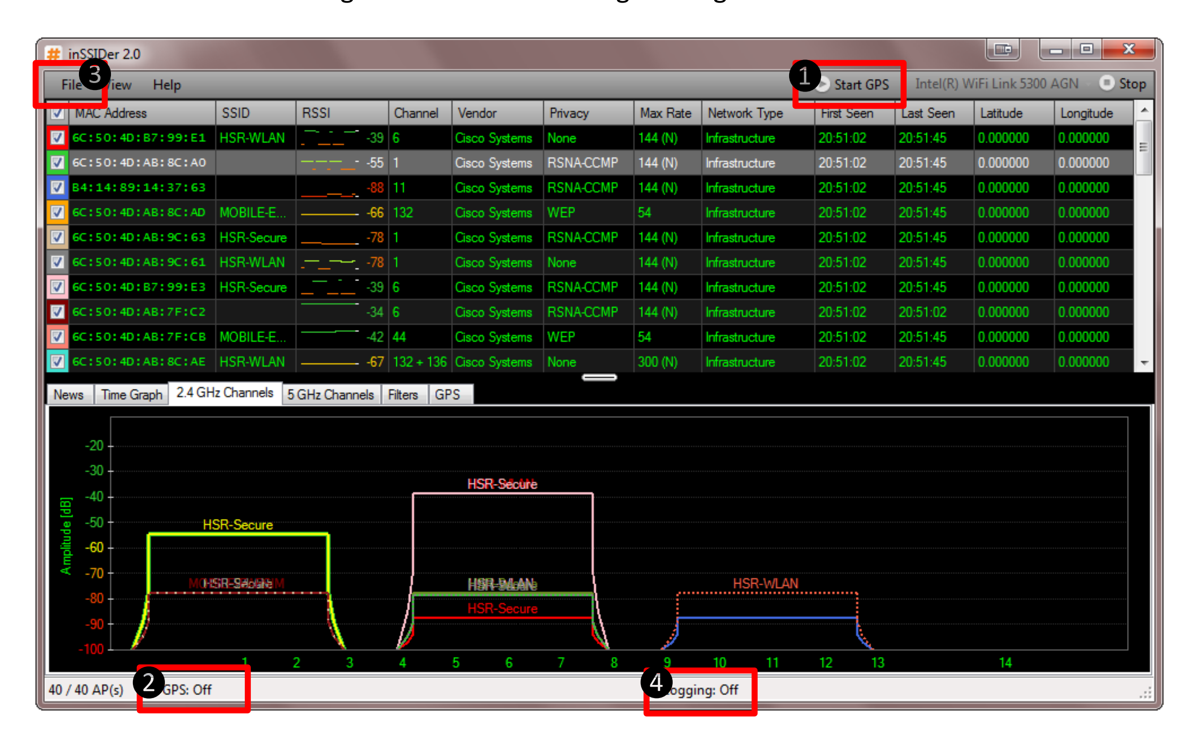


Abbildung 118: Screenshot inSSIDer

Zu beachten ist, dass beim Logging nur die Daten der oberen Tabelle gespeichert werden. Die im unteren Teil der Benutzeroberfläche angezeigten Grafiken bzw. Diagramme können nicht abgespeichert werden.

Für die Anzeige der erkannten WLANs auf einer Karte kann die gespeicherte GPX-Datei direkt mit dem inSSIDer in eine KML-Datei konvertiert werden, welche bspw. in Google Earth importiert werden kann. Eine eigene Visualisierung der WLAN-Lokationen wäre wie beim Video Hunting möglich. Die Detektionsspezialfälle (siehe Kapitel 2.8, Detektionen) könnten jedoch einfach anhand der MAC-Adresse des AccessPoints abgefangen werden.

Störung des Video Hunting durch das WLAN Scanning

Der inSSIDer führt ein aktives WLAN Scanning durch [143] und stört damit das Hunting-System, da dieses ebenfalls im 2.4 GHz-Band arbeitet. Ein Test[6] zum Ausmass dieser Störung zeigte eine leichte Beeinflussung der Bildqualität, der mit dem Videoempfänger empfangenen Bilder (siehe die beiden nachfolgenden Abbildungen). Das Scanning ist als zusätzliches Rauschen in den Bildern ersichtlich und dürfte deshalb das Risiko von Falschdetektionen erhöhen.

Das ursprüngliche Ziel war während den Erfassungsfahrten der Videofunksysteme gleichzeitig auch die WLAN-Daten zu sammeln. Um Falschdetektionen zu vermeiden, ist davon jedoch abzuraten und empfohlen die WLAN-Daten separat zu sammeln.

[6] Das Video der Testaufnahmen ist auf der CD zu finden. Die beiden Beispielbilder sind Ausschnitte davon.

Die Bluetooth-Datenübertragung des GPS-Empfängers arbeitet zwar auch im 2.4 GHz-Band, aufgrund eines sehr schnellen Frequenz Hopping dürften diese Übertragungen den Bildempfang nicht stören.

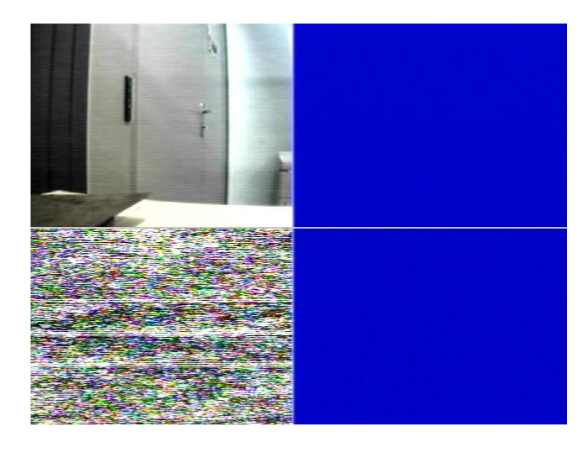


Abbildung 120: Bild ohne WLAN Scanning

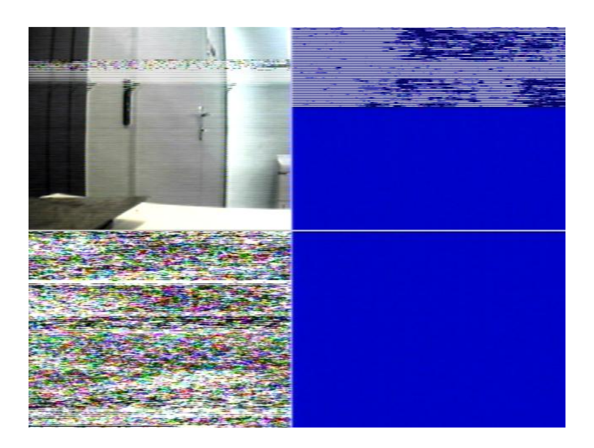


Abbildung 119: Bild mit WLAN Scanning

9.8. Literatur-Recherche

In diesem Kapitel wird kurz aufgezeigt, mit welchen Stichworten die Informationsrecherche durchgeführt wurde und welche Suchmaschinen genutzt wurden.

9.8.1. Bisherige Berichte

Bei der Suche nach bisherigen Warviewing-Aktivitäten und Erfahrungsberichten wurde im Internet nach den folgenden Stichwörtern gesucht. Die Resultate sind im Kapitel 1 (Einleitung) tabellarisch zusammengefasst.

- warviewing, war viewing
- warspying, war spying
- warwatching, war watching
- camera hunting
- camera 2.4 GHz
- wireless surveillance camera detector
- camera scanning
- funk überwachungskamera
- funk überwachung kamera
- funk kamera abhören

Recherchiert wurde primär mit Google, aber auch die Datenbanken von IEEE und ACM wurden nach allfälligen Publikationen zu diesem Thema durchsucht.

9.8.2. Rechtliche Situation in der Schweiz

Für das Kapitel 7 (Rechtliche Aspekte) wurde eine grobe Internetrecherche bzgl. bisheriger Rechtsurteile oder rechtlichen Einschätzungen zum Thema Warviewing in der Schweiz durchgeführt. Es wurden die folgenden Stichworte verwendet:

- funk video überwachung
- funk video überwachung recht
- funk überwachung
- funkkamera
- funkkamera recht
- funkkamera datenschutz
- funkkamera daten* recht
- funkkamera urteil
- site:bger.ch funkkamera
- site:bger.ch funk video
- site:bger.ch überwachungskamera
- abhören funkkamera

Der Begriff „funkkamera“ wurde auch in der Schreibweise „funk kamera“ genutzt. Unter www.bger.ch ist die Webseite des Schweizerischen Bundesgerichts zu erreichen. Dort werden auch deren Rechtsurteile publiziert.

Um die Resultate auf Schweizer Webseiten einzuschränken, wurde den Stichworten jeweils der Schlüsselbegriff „site:ch" angehängt.

Da die rechtlichen Aspekte nicht den Hauptteil der Arbeit darstellen, wurde nur mit Google gesucht. Unter den Fachpublikationen von IEEE und ACM konnte zu Funkkameras nichts gefunden werden und für rechtliche Abhandlungen dazu sind andere Quellen zu konsultieren. Aufgrund der mangelnden juristischen Erfahrung und des grossen benötigten Aufwands wurde keine einschlägige Rechts-Literatur konsultiert.

9.8.1. Beurteilung

Zusammenfassend betrachtet wurden mehr Berichte zu bisherigen Warviewing-Aktivitäten gefunden als zuerst erwartet. Bei den englischsprachigen Webseiten handelt es sich zumeist um sehr technische Anleitungen, welche einiges an Grundlagenwissen voraussetzen. Aus den Erfahrungsberichten konnten jedoch abgesehen von der Auflistung der verwendeten Kanäle der Kameras kaum nützliche Hinweise entnommen werden für diese Arbeit. Auf die meisten Hinweise kommt man von selber, wenn man sich zum Thema Gedanken macht.

Unerwartet war auch, dass es auf deutschsprachigen Webseiten keine vergleichbaren Berichte zum Warviewing gab. Es konnten zwar einige Medienberichte gefunden werden, aber kaum Erfahrungsberichte von Benutzern. Dass in den Datenbanken von IEEE und ACM keine Hinweise gefunden werden konnten, war zu erwarten gewesen.

Zur rechtlichen Situation bzgl. Warviewing in der Schweiz konnte abgesehen vom Artikel über die Aktionen der Juso Luzern nichts gefunden werden. Aber die rechtliche Beurteilung war darin nur oberflächlich und ohne Bezug auf spezifische Gesetzestexte. In einschlägiger Literatur wären eventuell Hinweise oder allfällige Urteile zu ähnlichen Situationen zu finden gewesen, aber aus den bereits genannten Gründen wurde auf diese Recherche verzichtet.

Da das Thema kaum bekannt ist, gab es bisher wohl auch keine konkreten Fälle zu beurteilen. Dass viele rechtliche Verstösse in diesem Bereich auch nicht unmittelbar erkannt werden können (siehe Kapitel 7, Rechtliche Aspekte), da meistens keine Spuren hinterlassen werden, dürfte ein weiterer Grund dafür sein.

9.9. Erfahrungsberichte

9.9.1. Florian Hungerbühler

Diese Bachelorarbeit stellt für mich die grösste Arbeit dar, welche ich bis anhin geschrieben habe. Es hat einen grossen Reiz, sich in ein Thema vertiefen zu können und nicht bloss wie sonst häufig an der Oberfläche zu kratzen. Die Aufgabe, ein Hunting-System für Videosignale zu entwickeln, gefiel mir sehr gut, da sie einen aufklärerischen Charakter hat.

Die Arbeit begann mit umfassenden Vorabklärungen, ob ein den Anforderungen entsprechendes Hunting-System überhaupt entwickelt werden könne. Innert Wochenfrist musste wir uns in das Thema Videofunk einarbeiten, was für uns als Informatikstudenten mit ein wenig Physikkenntnissen nicht nur eine leichte Übung war. Dazu kam die Frage, wie ein empfangenes Videobild überhaupt von einem Rauschbild unterschieden werden kann. Auch da galt es, sich in ein neues Thema einzulesen, welches unglaublich gross ist. Die Annahme zu Beginn, dass ein Rauschbild von einem Videobild sicher einfach irgendwie über Intensitätsmerkmale zu unterscheiden ist, war nicht falsch. Jedoch verkomplizierten dann die verrauschten Videobilder später den Bilderkennungs-Algorithmus massiv. Nach rund fünf Wochen wurde entschieden, dass die Arbeit vorgeführt wird, was doch eine Erleichterung war. Ansonsten wären praktisch die gesamten Vorabklärungen nutzlos geworden.

Die Erarbeitung des Bilderkennungs-Algorithmus benötigt dann, wie bereits angetönt, mehr Zeit als erwartet. Für die Modellierung wurde Data Mining eingesetzt, was ein neues Gebiet für mich war. Data Mininig beindruckte mich sehr, dass wie in unserem Fall in grossen Datenbeständen Muster innert Sekunden erkennt werden. Ich bin mir bewusst, dass ich nur einen Bruchteil der in der Data Mining-Software Weka enthalten Funktionen kennengelernt habe. Die Möglichkeiten sind immens.

Bereits nach den Vorabklärungen war klar, dass die für die Entwicklung der Software verbleibende Zeit gering war. Dies war dann effektiv so, dass der Zeitdruck während der Entwicklung gross war und oft nicht die optimalste, sondern die schnellste Lösung gewählt werden musste. Beide besassen in der Entwicklung einer vollständigen Software keine grosse Erfahrung. In diesem Punkt hat mir die Arbeit viel gebracht, dass die theoretischen Konzepte eigenhändig umgesetzt werden mussten.

Die Testfahrten während den Vorabklärungen und der Softwareentwicklung war eine angenehme Abwechslung. Dass dabei insgesamt 12 Video-Funksysteme gefunden wurden, erfreute zusätzlich. Dies zeigte auch, dass die Arbeit sinnvoll war, was wiederum die Motivation steigerte.

Insgesamt wurde durch die Bachelorarbeit einiges gelernt, angefangen beim Videofunk, über Datenschutzgesetze, die Methode des Data Mining, bis hin zur Erfahrung in der Softwareentwicklung. Was beim nächsten Mal verbessert werden könnte, ist der Beizug von Experten. Vor allem beim Thema Bilderkennung hätten gute Ratschläge sehr wahrscheinlich einen besseren, ressourcenschonenderen Algorithmus ergeben. Bei der Erstellung der Dokumentation würden wir das nächste Mal während der Arbeit die einzelnen Kapitel nicht mehr ganz so vollständig ausarbeiten, wie diesmal. Dies aus dem Grund, da beim Abschluss der Dokumentation noch viel umgestellt wird und mühselig zusammengestellte Abschnitte nicht mehr ins Konzept passen und wieder abgeändert werden müssen.

Alles in allem muss ich eingestehen, ich bin auf das entwickelte Hunting-System auch ein wenig stolz.

9.9.2. Raphael Neumann

Die Auswahl eines geeigneten Themas für die sehr umfangreiche Bachelorarbeit gestaltete sich etwas mühselig. Wir wollten etwas im Sicherheitsbereich machen, aber das von uns vorgeschlagene Thema IDN Spoofing konnte nicht verwendet werden, da es doch bereits einige Arbeiten zu diesem Thema gab. Eine Sicherheitsprüfung von internetfähigen Home-Entertainment-Geräten fiel aufgrund mangelnder Erfahrung unsererseits auch ins Wasser. Mit dem Video Signal Hunting konnte dann doch noch eine sicherheitsrelevante Arbeit durchgeführt werden, auch wenn die Informatik-Sicherheit nicht direkt betroffen ist.

Dass die Resultate der Arbeit eventuell vom Kassensturz genutzt werden, war eine grosse Motivation, auch wenn die Einarbeit ins Thema Bilderkennung recht mühselig war. Dies lag auch daran, dass wir im Bereich Bildverarbeitung kaum Kenntnisse hatten. Das Data Mining war wiederum sehr interessant, auch wenn Florian am meisten daran arbeitete. Im Modul Datenbanken 2 dieses Semesters gab es auch eine Einführung ins Data Mining, diese erfolgte jedoch leider erst gegen Schluss.

Die Vorabklärungen brauchten sehr viel Zeit. Dieser Teil hätte kürzer gehalten werden müssen. Die Recherche dauerte sehr lange, aber Teile davon hätten nicht so detailliert durchgeführt werden müssen, da sie zwar viele Arbeitsstunden kosteten, aber im Schlussbericht nur wenig Gewicht haben. Dazu zählen bspw. die Abklärung von Verkaufszahlen, bisherige Warviewing Aktivitäten und die rechtlichen Aspekte. Der letzte Teil hätte sehr gut an Jurastudenten übergeben werden können. Die rechtliche Beurteilung war zwar interessant, aber auch umfangreich und ist trotzdem eher oberflächlich.

Die BA war das bisher grösste Projekt für mich und vom Arbeitsaufwand bis zur Entwicklung der Software ganz ok; erst dann nahm das Tagespensum stark zu. Das Programmieren war jedoch sehr interessant und machte Spass, da man am Schluss ein fertiges und nutzbares Produkt in den Händen hat. Das Bugfixing und kryptische Fehlermeldungen liessen die Motivation zwischenzeitlich jedoch stark sinken. Da waren die Testfahrten eine willkommene und spannende Abwechslung, etwas Bewegung tat ganz gut. Für weitere Software Entwicklungen muss jedoch mehr Zeit geplant werden, v.a. wenn man kein Softwareguru ist wie wir (kein SE2 Projekt/Modul, keine Software Entwicklung während der SA). Dafür schlugen wir uns jedoch überraschend gut, auch wenn die Umsetzung nicht immer ganz ideal war.

Die Zusammenarbeit mit Florian klappte gut und wir konnten uns gegenseitig gut unterstützen. Leider erst gegen Ende der Arbeit machten wir Gebrauch vom Office365, welches mittels SharePoint ein gleichzeitiges Editieren von Word Dokumenten durch mehrere Benutzer ermöglicht. Für das Zusammenführen der Doku war dies ideal. Für eine weitere Arbeit würde ich die Doku zu Beginn nur sehr grob und stichwortartig ausarbeiten, da durch die nachträgliche Umstellung der Struktur bereits ausgearbeitete Kapitel mühsam umgeschrieben werden müssen. Der Aufwand für die Dokumentation und deren Fertigstellung ist immer wieder überraschend gross.

Der erarbeitete Wireless Video Signal Hunter ist soweit gut gelungen und wartet jetzt auf eine Anwendung im Rest der Schweiz. Mehr Zeit für eigene Testfahrten wie z.B. in Zürich wäre super gewesen, um auch selber von der Arbeit profitieren zu können. Ein kurzer Einsatz bei ersten Testfahrten war jedoch möglich und ein guter Abschluss der Entwicklungsphase.

9.10. Risikoanalyse

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Risiken analysiert und geeignete Massnahmen gesucht, um den Schaden möglichst klein zu halten. Diese Analyse beschränkt sich gemäss Diskussion mit dem Betreuer auf die wichtigsten Risiken und wurde am Anfang der Arbeit erstellt.
Auf eine grafische Darstellung und Einteilung der Risiken mittels einer Risikomatrix wird gemäss mündlicher Diskussion verzichtet.

Risikoliste

Folgende relevanten Risiken wurden evaluiert und jeweils bewertet mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit (EW) des Ereignisses und des allfälligen Schadens in Stunden (S[h]). Wobei der Schaden Mehrarbeit oder verlorene Zeit bedeutet. Durch die Multiplikation der Wahrscheinlichkeit mit der Stundenanzahl erhält man den Schaden, welchen das Ereignis verursachen würde. Durch geeignete Massnahmen wird versucht die Eintretenswahrscheinlichkeit und/oder den verursachten Schaden zu reduzieren. Was nach den Massnahmen noch übrigbleibt, ist das „Restrisiko" bzw. die einzuplanende Reservezeit (R[h]). Die Zahlen bzgl. Wahrscheinlichkeit und Schadensausmass in der untenstehenden Tabelle sollen einen groben Eindruck des Risikos geben, sind also keine exakten Werte sondern Schätzungen.

Die drei Schritte der Risikobeurteilung sind in der der Tabelle auf der folgenden Seite zusammengefasst.

- Risiken evaluieren und bewerten
- geeignete Massnahmen zur Risikoreduktion treffen
- Risiken erneut bewerten

Die Risiken R6 bis R8 werden in den Vorabklärungen der Arbeit genauer analysiert. Dafür werden vier Wochen eingeplant. Am Schluss dieser Phase wird entschieden, ob die Arbeit weiterhin Richtung Video Signal Hunting geht oder aber der Schwerpunkt der Arbeit in Richtung WLAN verschoben wird.

Beurteilung Restrisiko

Mit Hilfe der Massnahmen wurde also ungefähr eine Halbierung der Risikoauswirkungen erreicht. Der im ungünstigsten Fall übrigbleibende Maximalschaden von 62.8h könnte durch Überstunden wettgemacht werden.

				vorher				nachher		
ID	**Bezeichnung**	**Ereignisbeschreibung**	**Auswirkungen**	**EW**	**S [h]**	**R [h]**	**Massnahme**	**EW**	**S [h]**	**RR [h]**
R01	Arbeit wird nicht bestanden.	Die Arbeit wird als ungenügend bewertet. - Qualität der Arbeit ist ungenügend. - Einsatz nicht ausreichend. - unterschiedliche Vorstellung der Resultate.	Die Arbeit muss wiederholt werden.	0.1	360	36	Wöchentliche Sitzungen mit dem Experten und regelmässiges Einholen von Feedback. Abgabe von Teilen der Arbeit bei Milestones.	0.05	360	18
R02	Verzettelung	Es wird zu viel Arbeit in einen unwichtigen Teil investiert oder am Ziel vorbei gearbeitet.	Nur teilweise Erfüllung des Ziels oder zu viel Arbeitsaufwand nötig.	0.3	32	9.6	Früh einen guten Projektplan erstellen und mit dem Betreuer besprechen.	0.1	32	3.2
R03	Fehlendes Wissen	Es ist nicht genügend Zeit vorhanden für die Erarbeitung des nötigen Wissens.	Qualität der Arbeit nimmt ab.	0.2	50	10	Frühe Einarbeitung und Absprache mit Betreuer um ev. Aufgabenstellung anzupassen. Wenn nötig auch Beiziehung von externen Personen.	0.15	50	7.5

EW: Eintrittswahrscheinlichkeit
S: Schaden in Anzahl Stunden
R: nötige Reserve in Anzahl Stunden (EW * S)
RR: Restrisiko

				vorher				nachher		
ID	**Bezeichnung**	**Ereignisbeschreibung**	**Auswirkungen**	**EW**	**S [h]**	**R [h]**	**Massnahme**	**EW**	**S [h]**	**RR [h]**
R04	Krankheit	Ein Student wird unerwartet krank und fällt für einige Tage aus.	Die Fertigstellung einzelner Arbeitspakete verzögert sich oder die andere Person muss ev. diese Arbeit mit übernehmen.	0.1	20	2	Die Projektmitarbeiter können sich im Notfall gegenseitig vertreten. Alle Daten werden in der Wuala Cloud gespeichert und sind damit allen überall zugänglich. Weiterhin gibt es einen täglichen Wissensaustausch, damit jeder über den Stand der Arbeiten des anderen informiert ist.	0.1	15	1.5
R05	Datenverlust	Verlust eines Teils der Daten (Doku, Code oder Bildauswertungen).	Diese Arbeit muss erneut ausgeführt werden, es geht wertvolle Zeit verloren.	0.05	16	0.8	Die Daten werden in der Wuala Cloud gespeichert und sind so redundant verfügbar. Zusätzlich wird noch wöchentlich ein lokales Backup erstellt. Wiederherstellungstest des Backups machen.	0.01	10	0.1
R06	Video-Erkennung	Unterschied zwischen Rauschen und Videosignal kann nicht mittels Programm ermittelt werden.	Software nur beschränkt nutzbar. Ziel der Arbeit nur teilweise erfüllt.	0.5	100	50	Erste grobe Analyse mittels Testaufnahmen. Besprechung mit Experten (externe Hilfe holen). Schwerpunkt der Arbeit wird auf WLAN verschoben.	0.5	50	25

				vorher				nachher		
ID	**Bezeichnung**	**Ereignisbeschreibung**	**Auswirkungen**	**EW**	**S [h]**	**R [h]**	**Massnahme**	**EW**	**S [h]**	**RR [h]**
R07	Aufzeichnungs-Geschwindigkeit	Videosignale können beim Vorbeifahren nicht genügend schnell aufgezeichnet / erkannt werden.	Hunting nur bei tiefer Fahrgeschwindigkeit oder zu Fuss möglich.	0.1	20	2	Testaufnahmen mit verschiedenen Geschwindigkeiten machen und Resultate analysieren.	0.05	20	1
R08	Videoempfänger	Videoempfänger erfüllt nicht alle Anforderungen wie mehrere Channels gleichzeitig aufzeichnen, Bild lässt sich über API nicht abgreifen, Signal wird nicht 1:1 in Bild umgewandelt.	Mehrere Geräte sind nötig für das Aufzeichnen des Signals. Aufzeichnung kann nicht direkt am PC gemacht werden.	0.2	30	6	Möglichst schnell Videoempfänger bestellen und damit erste Tests durchführen. Schwerpunkt der Arbeit wird auf WLAN verschoben.	0.1	30	3
R09	Signalempfang schlecht	Signal kann nur sehr nahe am Geschäft empfangen werden	Hunting Fahrt mit Auto bringt nur wenig Resultate. Hunting zu Fuss ist nötig.	0.3	10	3	Testaufnahmen machen und starke Antennen beschaffen.	0.2	10	2
R10	Lieferprobleme	Lieferung des Materials dauert sehr lange (Videoempfänger, Antennen).	Arbeitsfortschritt verzögert sich, mehr Stress gegen Ende der Arbeit.	0.2	30	6	Abklärung zu Lieferfristen, alternative Produkte auswählen und umgehend Testexemplar von verschiedenen Lieferanten bestellen	0.05	30	1.5
Nötige Reserve				**vorher**		**125.4**		**nachher**		**62.8**

Tabelle 22: Auflistung der Risiken

9.11. Zeitplanung

Der nachfolgende Zeitplan zeigt die Soll-Zeitplanung zum Zeitpunkt als die Vorabklärungen abgeschlossen waren. Die Vorabklärungen wurden bereits zu Beginn geplant, da aber die Fortsetzung der Arbeit von den Ergebnissen der Vorabklärungen abhing, wurde der weitere Teil der Arbeit erst nach deren Abschluss erstellt.

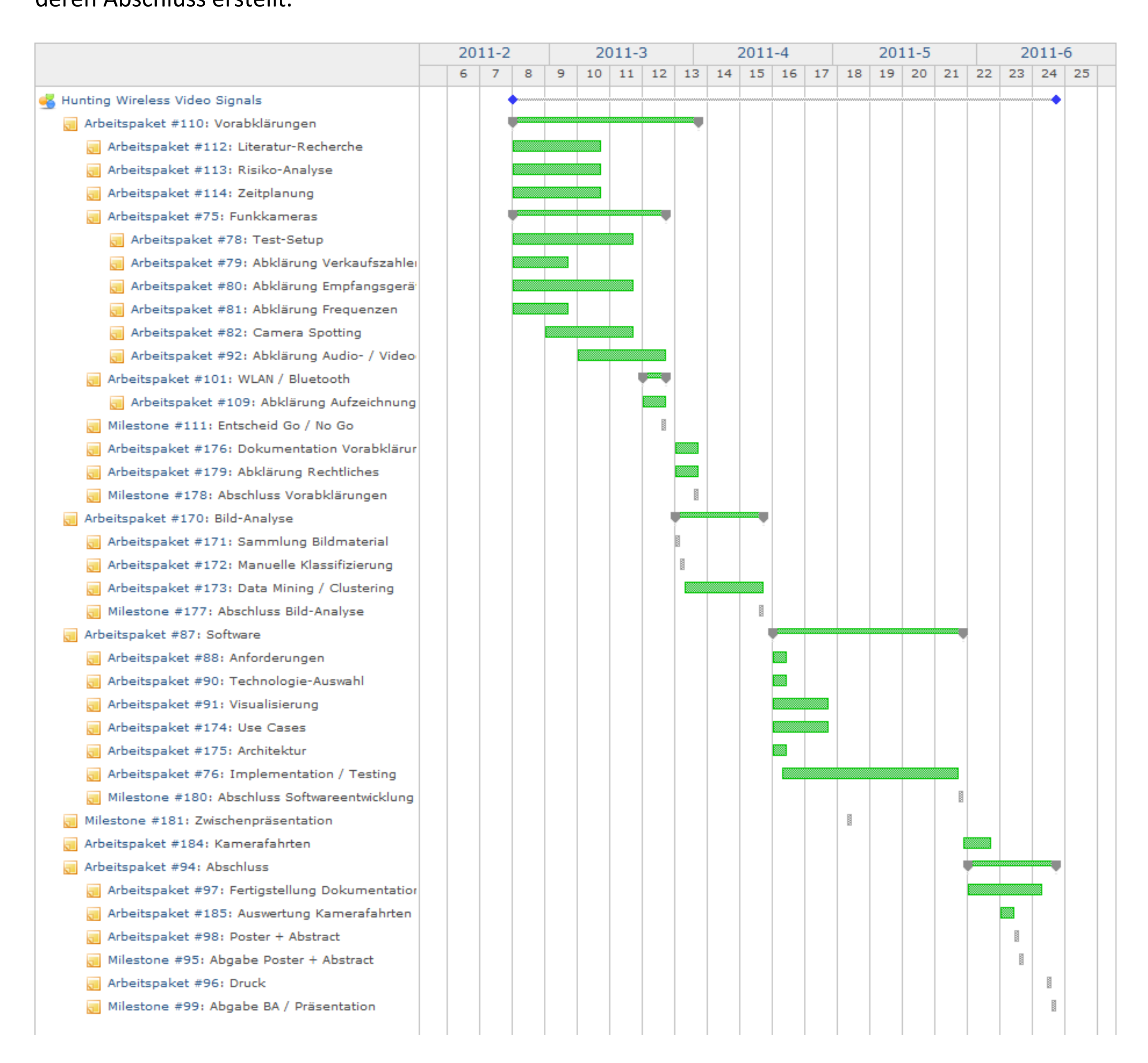


Abbildung 121: Soll-Zeitplanung

Das folgende Diagramm zeigt die effektive Aufteilung der Arbeitsstunden nach Arbeitsphasen.

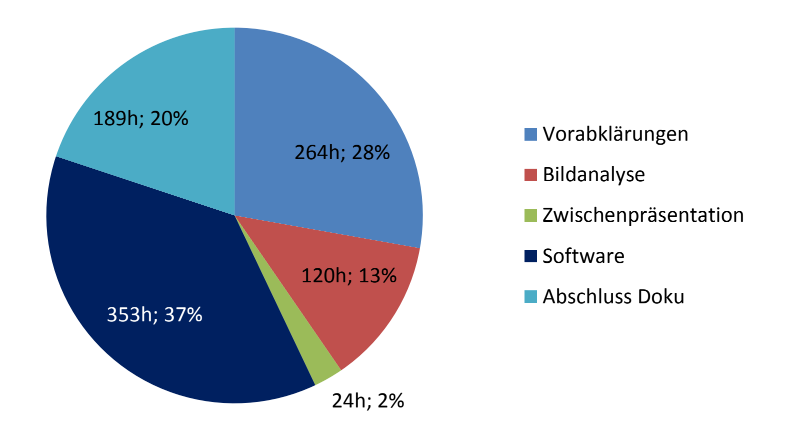


Abbildung 122: Auswertung Zeitaufwand

Beurteilung

Der effektive Arbeitsfortschritt stimmte bis zum Ende des Teils Bild-Analyse ziemlich gut mit der Planung überein. Der Abschluss dieses Arbeitspakets verzögerte sich um ca. eine halbe Woche, da vor Beginn der Software Entwicklung die Erkenntnisse der Bild-Analyse noch grob dokumentiert werden mussten.

Das Arbeitspaket Software konnte erst ca. 2 Wochen nach dem geplanten Ende fertiggestellt werden. Die Zeit dafür war schon bei der Planung sehr knapp bemessen, da die vorherigen Teile der Arbeit bereits einen grossen Teil der Zeit benötigt hatten. Die Vorarbeiten waren jedoch für die Entwicklung der Software nötig, wodurch der Beginn der Softwareentwicklung im Zeitplan nicht einfach nach vorne geschoben werden konnte. Bei der Entwicklung benötigte vor allem die Umsetzung von Details und das Beheben von kryptischen Fehlermeldungen viel Zeit. Das Bugfixing gegen Schluss dauerte auch länger als erwartet, vor allem das Problem mit den SQL Geodatentypen (siehe Kapitel 5.6, Datenmodell).

Da für die Software mehr Zeit als geplant benötigt wurde, blieb weniger Zeit übrig für den Abschluss der Dokumentation, so dass gegen Ende der Arbeit ein grosses Tagespensum anfiel (siehe Abbildung 123). Zuvor betrug Arbeitsaufwand mehr oder weniger den errechneten Durchschnittswert von ca. 23h (360h verteilt auf 16 Wochen). Für weitere Projekte müsste bereits zu Beginn mehr Zeit für die Software Entwicklung eingeplant werden und auch das Bugfixing besser berücksichtigt werden.

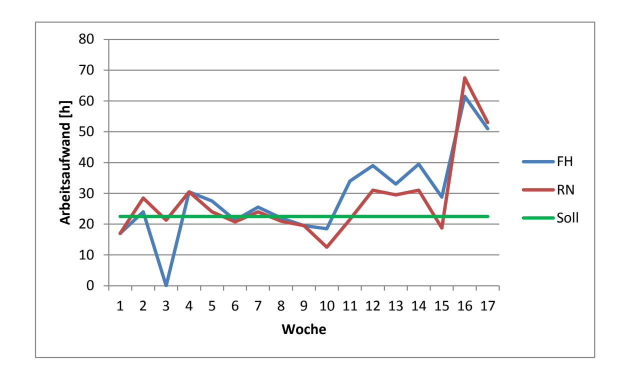


Abbildung 123: Auswertung Wochenarbeitszeit

Schade war, dass am Ende der Arbeit die Zeit zu knapp war für eigene Testfahrten und aufgrund kurzfristiger Terminkollisionen beim Betreuer kein Test durch eine externe Person möglich war. Mehrere solche Erfassungsfahrten und deren Auswertung wären sehr interessant gewesen im Rahmen der Arbeit für umfangreichere Erkenntnisse.

9.12. Protokolle

Die Protokolle der wöchentlichen Sitzungen sind auf der CD zu finden.

9.13. Verzeichnisse

9.13.1. Glossar

BAKOM	Bundesamt für Kommunikation, Schweiz
BGE	Bundesgerichtsentscheid
bps	Bilder pro Sekunde
CSV	Comma Separated Values, Dateiformat für die strukturierte Speicherung von Daten
Data Mining	Suchen von bisher unbekannten Muster in grossen strukturierten Datenmengern
DSG	Datenschutzgesetzt
EDÖB	Eidgenössischer Datenschutz- und Öffentlichkeitsbeauftragter
FM	Frequenz Modulation
FMG	Fernmeldegesetz
FN	false negative, falsch negativ, bei der Validierung von Modellen verwendet
FP	false positive, falsch positiv, bei der Validierung von Modellen verwendet
GBPPR	Green Bay Professional Packet Radio
GUI	Graphical User Interface, grafische Benutzeroberfläche
HSR	Hochschule Rapperswil, Schweiz
ISM	Industrial, Scientific and Medical
JPEG	Joint Photographic Experts Group
Juso	Jungsozialisten
NDR	Norddeutscher Rundfunk
OR	Obligationenrecht
PNG	Portable Network Graphics
SaU	Seminar für angewandte Sicherheit
SRF	Schweizer Radio und Fernsehen
TN	true negative, richtig negativ, bei der Validierung von Modellen verwendet
TP	true positive, richtig positiv, bei der Validierung von Modellen verwendet
Use Case	Anwendungsfall
Weka	Data Mining-Software
WVSH	Wireless Video Signal Hunter
ZDF	Zweites Deutsches Fernsehen
ZGB	Zivilgesetzbuch

9.13.2. Quellen

[1] Nanny-Cam May Leave a Home Exposed,Artikel vom 14.04.2002, 28.02.2011
http://www.nytimes.com/2002/04/14/technology/14SPY.html

[2] X-10 2.4GHz Video, 01.03.2011
http://www.packetsniffers.org/projects/x-10/index.html
Infos über eigene Aktivitäten bzgl. WarViewing, Links zu Eigenbau Antenne, einige Links bereit tot

[3] Warspying, Artikel im Hackermagazin 2600 (The Hacker Quarterly) Volume 19, Nummer 4 vom Winter 2002/2003, 12.06.2011
http://servv89pn0aj.sn.sourcedns.com/~gbpprorg/2600/index.html#105

[4] Warviewing, 01.03.2011
http://blockyourid.com/~gbpprorg/mil/warspy/WV-1.html
Erfahrungsbericht von Massive White Dude, einem der ersten Warviewer in San Francisco

[5] 'Warspying' San Francisco, Artikel vom Januar 2004, 28.02.2011
http://www.securityfocus.com/news/7931
Rundgang in San Francisco mit Massive White Dude, keine interessanten Resultate

[6] WAVECOM JR MODS - Making the Receiver into a Video Scanner, 28.02.2011
http://www.ringolake.com/pic_proj/wavecom/wavecom_rx.html
Spezialwissen nötig, Modifikation des Empfängers für Frequenzen von 2300-2700 MHz

[7] Warspying - wird das ein neuer Volkssport, Forenbeitrag vom Mai 2003, 02.03.2011
http://www.wardriving-forum.de/forum/showthread.php?t=50216
Kurzer Erfahrungsbericht aus Deutschland

[8] Home Brew 2.4 GHz Audio/Video Scanner, 02.03.2011
http://cascanning.tripod.com/24gig/
Empfängermodifikation fürs automatische Kanalumschaltung

[9] PA1N Magazine, Ausgabe 9 vom März 2004, 28.02.2011
http://rantmedia.ca/pa1n/issues/pa1n09.txt
Bericht über erste Versuche mit WarViewing, Artikel mit Titel „Part 1“, aber keine Nachfolgeartikel mehr, nur wenig Erfahrung vorhanden

[10] Neue WarDriving-Variante! ---> Cam - Driving...., Forenbeitrag vom Oktober 2004, 07.03.2011
http://www.wardriving-forum.de/forum/showthread.php?t=50216
Kurzer Erfahrungsbericht aus Deutschland, kaum verwertbare Informationen, Angaben zur Verbreitung: es konnten einige Kameras gefunden werden

[11] Wireless Camera Security Issues: 'WarSpying', 28.02.2011
http://www.detroitchamber.com/index.php?option=com_content&menuid=206&id=2949

[12] Building a War Spying Box, Beitrag vom März 2005, 28.02.2011
http://www.nytimes.com/2002/04/14/technology/14SPY.html
Ganze Box mit Empfänger inkl. Monitor und Antenne, sehr technische Anleitung

[13] WARspy Los Angeles, 02.03.2011
http://www.warspyla.com
Versuch eine Community zum Thema Warspying/Warviewing aufzubauen, Interesse flachte aber schnell ab, letzter Beitrag vom Juni 2006

[14] WarViewing, 31.03.2011
http://en.wikipedia.org/wiki/WarViewing

[15] Überwachung im MQ Wien, Beitrag vom Juli 2005
http://www.quintessenz.org/d/000100003311

[16] Wiener Verein hackt Polizeikamera, Spiegel Online vom 29.12.2005
http://www.spiegel.de/netzwelt/web/0,1518,392649,00.html

[17] Jungsozis zapfen fremde Kameras an, Artikel in der Neuen Luzerner Zeitung vom 07.05.2008
http://luzernold.juso.ch/presse/5-presse/10--jungsozis-zapfen-fremde-kameras-an.html?q=luzern/presse/5-presse/10--jungsozis-zapfen-fremde-kameras-an.html

[18] Mein Auto ist ein Spanner! - Es zeigt Video-Bilder aus Schlafzimmern, Beitrag vom 19.12.2008
http://www.bild.de/video/clip/darstellungsform-bilder/vado-auto-spanner-6874578.bild.html

[19] Vorsicht, Video-Spione! Wie Fremde Ihnen ins Schlafzimmer blicken, Beitrag vom 13.01.2009
http://www.sat1.ch/ratgeber_magazine/akte/topthemen/aktuell/content/37339/
Beiträge dazu im SAT.1 Forum, 11.06.2011
http://forum.sat1.de/archive/index.php/t-1414.html

[20] Die Kunst, Überwachungskameras anzuzapfen vom 05.06.2009, 31.03.2011
http://www.tagesanzeiger.ch/kultur/kunst/Die-Kunst-berwachungskameras-abzuzapfen/story/11904848

[21] GBPPR 'Zine - Issue #67, GBPPR 'Zine, Ausgabe vom Nov. 2009, 12.06.2011
http://servv89pn0aj.sn.sourcedns.com/~gbpprorg/zine2/index.html
direkter Link zum Beitrag:
http://servv89pn0aj.sn.sourcedns.com/~gbpprorg/mil/warspy/index.html
Modifikation von Empfänger inkl. Löten, primär für USA (X10 Kameras), Modifikation dass mehr Frequenzen empfangen werden können, viele weiterführende Links dazu

[22] Seminar für angewandte Unsicherheit [SaU], 11.06.2011
http://unsicherheit.tk/

[23] Spaziergänge gegen Überwachung: Kamera gesucht, Artikel vom 04.12.2009
http://www.taz.de/1/berlin/artikel/1/kamera-gesucht/

[24] Privater Spähangriff, Artikel vom 02.01.2010
http://www.berlinonline.de/berliner-zeitung/archiv/.bin/dump.fcgi/2010/0102/tagesthema/0013/index.html

[25] NDR.de, Beitrag vom 28.01.2010, zuletzt gesehen im Januar 2011
http://www.ndr.de/fernsehen/sendungen/niedersachsen_1930/kameraueberwachung100.html
Mitte März 2011 ist der Beitrag online leider nicht mehr verfügbar. Er kann jedoch auf Y-ouTube unter http://www.youtube.com/watch?v=xA25buj-nmQ (31.03.2011) betrachtet werden.
Eine Kurzbeschreibung des Videos kann unter http://www.funkmagazin.de/010210.htm eingesehen werden, 31.03.2011

[26] Überwachung der Videoüberwachung: Die kleinen Brüder von Neukölln, Artikel vom 11.06.2010
http://www.taz.de/1/berlin/artikel/1/die-kleinen-brueder-von-neukoelln/

[27] ZDF WISO, Überwachungskameras leicht anzuzapfen, Beitrag vom 20.09.2010, zuletzt gesehen am 31.03.2011
http://www.zdf.de/ZDFmediathek/beitrag/video/1143788/Ueberwachungskameras-leicht-anzuzapfen#/beitrag/video/1143788/Ueberwachungskameras-leicht-anzuzapfen

[28] Kamerakarte, 11.06.2011
http://unsicherheit.tk/karte.php

[29] Telefonische Auskunft von Trigress Security AG, 03.03.2011
http://www.trigress-security.ch

[30] Rundgang in Rapperswil am 03.03.2011

[31] Conrad > Haus und Garten > Sicherheit > Überwachung, 05.04.2011
http://www.conrad.ch

[32] ZigBee – Wikipedia, Risiken von ZigBee, 13.06.2011
http://de.wikipedia.org/wiki/ZigBee

[33] ISM-Band - Wikipedia, 13.06.2011
http://de.wikipedia.org/wiki/ISM-Band

[34] E-Mail-Antwort von Urs Thomi, Sachbearbeiter Mobilfunk, BAKOM vom 24.03.2011

[35] VTQ GmbH, Produktgruppen, 05.04.2011
http://www.vtq.de/videofunkDE/1.3.1%20-%20produktgruppen.htm

[36] E-Mail-Antwort von Matthias Wolff, LUPUS-Electronics GmbH vom 01.04.2011

[37] Informationen zum Thema digitale - oder analoge Funk Übertragungssysteme, 06.04.2011
http://www.thiecom.de/informationen-digitale-video-ueberwachung.htm

[38] 2,4 GHz Funk-Übertragungssystem, Conrad, Artikel-Nr. 750984-62, 13.06.2011
http://www.conrad.ch

[39] 2,4 GHz Digital-Funk-Kamera-Set mit USB, Conrad, Artikel-Nr. 751616 - 62, 13.06.2011
http://www.conrad.ch

[40] Security through obscurity, 13.06.2011
http://de.wikipedia.org/wiki/Security_through_obscurity

[41] Frequenzmodulation, 13.06.2011
http://de.wikipedia.org/wiki/Frequenzmodulation

[42] VTQ, GigaLink Transmitter mono, 05.04.2011
http://shop.vtq.de/product_info.php?info=p1451_GigaLink-Transmitter-mono.html&XTCsid=tng3n7fvlj7vmnuvjh2llutpv2

[43] E-Mail-Antwort von Daniel Reiser, Technischer Support, Conrad vom 24.02.2011

[44] Pollin Electroincs, Funk-Farb-Kamera-Set 2,4 GHz, 05.04.2011
http://www.pollin.de/shop/dt/NjU4OTE0OTk-/Haustechnik/Sicherheitstechnik/Kameras/Funk_Farb_Kamera_Set_2_4_GHz.html

[45] Portable 2.4GHz USB Wireless Video Spy Gadget, 05.04.2011
http://www.ezspycam.com/EWM-004.htm

[46] Pearl, Videokameras Analog, 05.04.2011
http://www.pearl.de/c-5450.shtml;jsessionid=mndjMpN5YlMF-7A_eeM8s

[47] Funktechnik, 07.04.2011
http://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/0810301.htm

[48] Radio Interface Regulation - OFCOM, 13.06.2011
http://www.ofcomnet.ch/cgi-bin/rir.pl?id=1010;nb=01

[49] Wikipedia, WarViewing, 06.04.2011
https://secure.wikimedia.org/wikipedia/en/wiki/WarViewing

[50] WarSpying: Wireless Camera Hunter, 06.04.2011
http://www.petrilopia.net/wordpress/security-2/warspying-wireless-camera-hunter/

[51] SMA connector, 14.06.2011
http://en.wikipedia.org/wiki/SMA_connector

[52] Air802 LLC :: Connector Identification Chart, Fotos aller SMA / R(P)-SMA Stecker und Buchsen sowie anderen Funk-Steckern, 14.06.2011
http://www.air802.com/connector-identification-chart.html

[53] E-Mail Kontakt mit WLAN-Shop24.de vom 14.06.2011,
siehe Kopie des Mails auf der CD

[54] Koaxial Adapter | RP-SMA Stecker auf RP-SMA Buchse | 90° Winkel, 14.06.2011
http://www.wifi-shop24.com/products/de/Koaxial-Adapter/Koaxial-Adapter--RP-SMA-Stecker-auf-RP-SMA-Buchse--90-Winkel.html

[55] Auskunft von Etong Electronics, 24.04.2011

[56] 2.4GHz Wireless video quad receiver USB 2.0 Interface and Quad Processor that can dispaly 4 live video channels at the same time, Model No 240418, 06.04.2011
http://china-etong.com/Product/2-4GHz--Wireless-video--quad-receiver-USB-2-0-Interface-and-Quad-Processor--that-can-dispaly-4-live-video-channels-at-the-same-time.html
oder siehe PDF auf CD

[57] VirtualDub 1.9.6, 14.06.2011,
http://www.virtualdub.org/

[58] WCS99 XII Spezial Überwachungsempfänger, Art.Nr.: WCS99X2, 04.03.2011
http://www.thiecom.de/index.php?cl=details&cnid=77844d43222e0e278.88227121&anid=b5e460c161f0942c6.57950274&searchparam=&searchcnid=&searchvendor=&listtype=list&sid=543b8bea5ae17283c5ec593ad8c1094f

[59] VideoScanner, 06.04.2011
http://shop.boger.de/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage_images.tpl&product_id=591&category_id=65&option=com_virtuemart&Itemid=1&vmcchk=1&Itemid=1

[60] Wireless Camera Hunter and Viewer, 06.04.2011
http://www.brickhousesecurity.com/dd9000.html

[61] WarSpying: Wireless Camera Hunter, 06.04.2011
http://www.petrilopia.net/wordpress/security-2/warspying-wireless-camera-hunter/

[62] Wireless Camera Hunter, 06.04.2011
http://www.infostream.biz/wireless-camera-hunter.html

[63] Wireless Camera Hunter - Professional Wireless Camera Viewer, 06.04.2011
http://www.spytechs.com/bug_sweep_equip/hidden-camera-viewer.htm

[64] Mini Wireless Cam Hunter, 06.04.2011
http://www.kjbsecurity.com/detection-devices/devices/mini-wireless-cam-hunter/389.htm

[65] Reviews Summary for Icom R-3, 06.04.2011
http://www.eham.net/reviews/detail/1124

[66] Histogramme - Was sie darstellen und wie sie zu lesen sind, 19.04.2011
http://www.kompendium-digitalfotografie.de/histogramm_erklaerung.html

[67] Image.Save(filename, ImageFormat.Jpeg) and JPG Compression Ratio Question, 08.04.2011
http://social.msdn.microsoft.com/Forums/en-US/csharpgeneral/thread/dc75c4ef-a751-49d1-96d8-715743162826

[68] GrayscaleBT709 Class, 18.04.2011
http://www.aforgenet.com/framework/docs/html/f0c2a0fb-12a4-0ab4-81cd-095f482b1383.htm

[69] Image Processing Lab, 18.04.2011
http://www.aforgenet.com/projects/iplab/

[70] XnView, 19.04.2011
http://www.xnview.com

[71] AForge.NET Framework, 18.04.2011
http://www.aforgenet.com/

[72] HorizontalIntensityStatistics Class, 18.04.2011
http://www.aforgenet.com/framework/docs/html/6e7b2c59-d1ce-fb55-040f-3224d2860faf.htm

[73] VerticalIntensityStatistics Class, 18.04.2011
http://www.aforgenet.com/framework/docs/html/053a995c-5aa6-2bdf-3c0b-03f4a04eea85.htm

[74] CannyEdgeDetector Class, 19.04.2011
http://www.aforgenet.com/framework/docs/html/e08cae30-7a37-db9f-cede-05cf6521343f.htm

[75] Canny-Algorithmus, 19.04.2011
http://de.wikipedia.org/wiki/Canny-Algorithmus

[76] CannyEdgeDetector Members, 19.04.2011
http://www.aforgenet.com/framework/docs/html/71320150-67b5-5ef8-34b3-d2b8bac3754e.htm

[77] Blobs Processing, 20.04.2011
http://www.aforgenet.com/framework/features/blobs_processing.html

[78] Blob Analyse, 20.04.2011
http://www.simavis.de/service/lexikon/lexisearch/glossary-detail/blob-analyse.html

[79] Corner Detectors - AForge.NET, 18.04.2011
http://www.aforgenet.com/framework/features/corner_detectors.html

[80] Data Mining- Wikipedia
http://de.wikipedia.org/wiki/Data_Mining

[81] Weka v3.6.4, 10.06.2011
http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/

[82] Analyse zur automatischen Klassifizierung von Bildern, Diplomarbeit Janina Bär
http://www.janina-baer.de/downloads/DiplomarbeitBaerJanina.pdf

[83] Publications – Weka, 10.06.2011
http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/publications.html

[84] Documentation Wiki – Weka, 10.06.2011
http://weka.wikispaces.com/

[85] C4.5 algorithm - Wikipedia, 10.06.2011
http://en.wikipedia.org/wiki/C4.5_algorithm

[86] Kreuzvalidierungsverfahren - Wikipedia, 10.06.2011
http://de.wikipedia.org/wiki/Kreuzvalidierungsverfahren

[87] Beurteilung eines Klassifikators, 15.06.2011
http://de.wikipedia.org/wiki/Beurteilung_eines_Klassifikators

[88] VirtualDubMod v1.5.10.2, 09.06.2011
http://virtualdubmod.sourceforge.net/

[89] Corner Detectors, AForge.NET
http://www.aforgenet.com/framework/features/corner_detectors.html

[90] CannyEdgeDetector.GaussianSigma Property, AForge.NET, 09.06.2011
http://www.aforgenet.com/framework/docs/html/e00366fa-891e-71b2-f09b-e351f43bf09c.htm

[91] CannyEdgeDetector.HighThreshold Property, AForge.NET, 09.06.2011
http://www.aforgenet.com/framework/docs/html/2a292983-3701-e5c7-28f4-939173c95409.htm

[92] MoravecCornersDetector.Threshold Property, AForge.NET, 09.06.2011
http://www.aforgenet.com/framework/docs/html/886f626f-ebd7-2bc6-0af8-1a59cbf84efc.htm

[93] Warspying, 15.04.2011
http://blockyourid.com/~gbpprorg/mil/warspy/x10.jpg

[94] Neural Network Tutorial, 21.04.2011
http://www.ai-junkie.com/ann/evolved/nnt1.html

[95] Künstliches neuronales Netz, 21.04.2011
http://de.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCnstliches_neuronales_Netz

[96] Neuroph, v2.5, 04.04.2011
http://neuroph.sourceforge.net/

[97] IMAGE RECOGNITION WITH NEURAL NETWORKS HOWTO, 04.04.2011
http://neuroph.sourceforge.net/image_recognition.html

[98] Neuronales Netz, 05.04.2011
http://de.wikipedia.org/wiki/Neuronales_Netz

[99] Diskussion mit Prof. Dr. A. Steffen an der Zwischenpräsentation, 04.05.2011

[100] GMap.NET – Great Maps for Windows Forms & Presentation, 10.06.2011
http://greatmaps.codeplex.com/

[101] SharpMap, Geospatial Application Framework for the CLR, 10.06.2011
http://sharpmap.codeplex.com/

[102] DotSpatial, 10.06.2011
http://dotspatial.codeplex.com/

[103] SharperGps, 10.06.2011
http://jmaxxz.com/index.php?option=com_content&view=article&id=88%3Asharpergps&catid=16%3Adownloads&Itemid=32

[104] SharpGPS, 10.06.2011
http://sharpgps.codeplex.com/

[105] GPS.Net, 10.06.2011
http://gps3.codeplex.com/

[106] GPS, NMEA, WGS-84, GIS and VB.NET, 10.06.2011
http://www.tma.dk/gps/

[107] NMEA-0183 Daten, 06.05.2011
http://www.kowoma.de/gps/zusatzerklaerungen/NMEA.htm

[108] AForge.NET Framework, 18.04.2011
http://www.aforgenet.com/

[109] Image Processing Lab, 18.04.2011
http://www.aforgenet.com/projects/iplab/

[110] OpenCV Framework, 18.04.2011
http://opencv.willowgarage.com/

[111] SQL 2008 Spatial Samples, Part 2 of 9 - Background on Spatial Types & Well Known Text (WKT), 11.06.2011
http://blogs.msdn.com/b/davidlean/archive/2008/11/01/sql-2008-spatial-samples-part-2-of-n-background-on-spatial-types-well-known-text-wkt.aspx

[112] Produktbeschreibung Fortuna Clip-On GPS Empfänger, 15.06.2011
http://www.fortuna.com.tw/clip.htm

[113] Fortuna BT GPS Clip-on - Einleitung, 15.06.2011
http://www.pocketnavigation.de/article/view_206__fortuna-bt-gps-clip-on/2.4.18.html

[114] Fortuna BT GPS - Umschaltung zwischen ST-/XT-Mode, 15.06.2011
http://www.skybert.de/navigation/navi_tipps.htm

[115] E-Mail Wechsel mit Herrn Claudio Fäh, Rechtsanwalt und Dozent für Datenschutzrecht an der HSR, 01.05.2011, siehe PDF auf CD

[116] Telefongespräch mit Herrn Stüssi vom EDÖB, 31.03.2011, 11:10
Auskunft gibt das EDÖB von Mo-Fr von 10-12h unter 031 322 43 95
http://www.edoeb.admin.ch/kontakt/

[117] Funk-Überwachungskameras – ein häufig unterschätztes Problem, 13.06.2011
http://www.lfd.niedersachsen.de/live/live.php?navigation_id=13098&article_id=56224&_psmand=48

[118] Ratgeber Videoüberwachung - Was Sie aufnehmen dürfen und was nicht, 13.06.2011
http://www.digital-world.de/artikel/_Ratgeber/111255/ratgeber_videoueberwachung_was_sie_aufnehmen_duerfen_und_was_nicht/1

[119] Tätigkeitsbericht 2007 des Datenschutzbeauftragten des Kantons Zug, 30.03.2011
http://www.datenschutz-zug.ch/pdf/DSB_ZG_TB_2007.pdf]

[120] Videoüberwachung, 31.03.2011
http://www.edoeb.admin.ch/themen/00794/00800/index.html

[121] Sie werden gerade gefilmt, Ausgabe 04/10 des Beobachters, 13.06.2011
http://www.beobachter.ch/justiz-behoerde/gesetze-recht/artikel/ueberwachung_sie-werden-gerade-gefilmt/

[122] Videoüberwachung als Schutz gegen Vandalismus, Magazin Blickpunkt:KMU Ausgabe 04/2009, 13.06.2011
http://www.blickpunktkmu.ch/index.php?go_art=750&go_cap=83&go_cinf=1

[123] Dich behalt ich im Auge!, HEV Schweiz, Artikel vom 02.11.2009
http://www.hev-schweiz.ch/bauen-wohnen/aktuell/artikel/?tx_ttnews[tt_news]-=958&cHash=f0da62ad43b5acdecbb0146d80e26aff

[124] Erläuterungen zur Videoüberwachung am Arbeitsplatz, 01.04.2011
http://www.edoeb.admin.ch/themen/00794/00800/00911/index.html

[125] Videoüberwachung am Arbeitsplatz, Merkblatt des kantonalen Datenschutzbeauftragten Kanton Schwyz, Nidwalden, Obwalden, 01.04.2011
http://www.kdsb.ch/xml_1/internet/de/application/d103/d123/f156.cfm

[126] Rechtsansprüche, 06.06.2011
http://www.admin.ch/ch/d/sr/235_1/a15.html

[127] Wie sehen die Strafmassnahmen im Fall eines Verstosses gegen das Datenschutzgesetz aus?, 31.03.2011
http://www.edoeb.admin.ch/dokumentation/00612/00653/00661/index.html

[128] Grand RF Grabber USB (2.4GHz Wireless Audio/Video Transmitter & Receiver with USB Video Capture), 06.04.2011

http://www.pcresource.co.th/html/product/grandtech%20product/Grand%20RF%20Grabber%20USB.htm

[129] Funkkamera-Set G, Art.Nr. 2_4_GHZ_KIT_RC431A, 06.04.2011
http://sebson-media.de/Kamerasysteme/Funkkamerasysteme/Funkkamera-Set-G::202.html

[130] GigaAir 4561 Baby Monitor, 06.04.2011
http://tranwo.en.makepolo.com/productshow/4686050.html

[131] Kabellose Verbindung PC und Stereonlage/TV!?, 06.04.2011
http://forum.chip.de/heimkino-hifi/kabellose-verbindung-pc-stereonlage-tv-657389.html

[132] Drahtloses Überwachungskamera-Set, 06.04.2011
http://download2.medion.com/downloads/anleitungen/bda81224de.pdf

[133] Funkkamera-Set F, Art.Nr. 2_4_GHZ_KIT_W388U1, 06.04.2011
http://sebson-media.de/Kamerasysteme/Funkkamerasysteme/Funkkamera-Set-F::201.html

[134] Telefongespräch mit Herrn Diethelm, Firma redics, 055 440 46 61, 06.04.2011, 10:50
www.redics.ch

[135] BAS (Bild, Austastung, Synchronisation), 06.04.2011
http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Bild-Austastung-Synchronisation-BAS-image-blank-synchronisation.html

[136] Fernsehsignal, 06.04.2011
http://de.wikipedia.org/wiki/Fernsehsignal

[137] Videosignale, 06.04.2011
http://azubi.vision-tools.com/media/Dokumente/Videosignale/Videosignale.htm

[138] Memory Leak while multvideo record avi using wmv3 codec, 15.06.2011
http://code.google.com/p/aforge/issues/detail?id=133

[139] XviD Codec, 15.06.2011
http://www.xvid.org/

[140] how to get time info in inSSIDer ".gpx" logs?, 15.06.2011
http://www.metageek.net/forums/showthread.php?4185-how-to-get-time-info-in-inSSIDer-quot-.gpx-quot-logs

[141] Analyze and Plot Local Wi-Fi Networks With inSSIDer, Beitrag vom 24.12.2010, zuletzt gesehen am 14.06.2011
http://www.makeuseof.com/tag/analyze-plot-local-wifi-networks-inssider/

[142] inSSIDer 2, 14.06.2011
http://www.metageek.net/products/inssider/

[143] WLAN-Sniffer, 14.06.2011
http://de.wikipedia.org/wiki/WLAN-Sniffer

9.13.3. Abbildungen

9.13.4. Tabellen

9.13.5. Formeln